

Prospektive Studie zur Untersuchung der durchschnittlichen  
Behandlungszeit eines Patienten in der zentralen Notaufnahme und  
dafür relevanter Einflussfaktoren

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen  
Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität  
Jena

von **Julian Wrede**

geboren am 15.05.1994 in Bremervörde

**Gutachter** (*akademischer Grad, Vor- und Nachname sowie Wirkungsort*)

- 1. Prof. Dr. Wilhelm Behringer, Jena**
- 2. Prof. Dr. Johannes Norgauer, Jena**
- 3. Prof. Dr. Philip Eisenburger, Wien/ÖSTERREICH**

**Tag der öffentlichen Verteidigung: 01.10.2019**

# Inhaltsverzeichnis

1.	Abkürzungsverzeichnis.....	1
2.	Zusammenfassung.....	2
3.	Einleitung.....	4
4.	Ziele der Arbeit.....	6
5.	Methodik.....	7
5.1	Ort der Datenerhebung.....	7
5.2	Patientenkollektiv.....	8
5.3	Ärzteteilnehmer.....	9
5.4	Datenerfassung.....	10
5.5	Osteoarthritis.....	13
5.6	Statistische Auswertung.....	16
6.	Ergebnisse.....	18
6.1	Die mittlere Behandlungsdauer.....	18
6.2	Der Einfluss der erhobenen Faktoren auf die Behandlungsdauer.....	19
6.2.1	Unterschiede in den Arztkategorien.....	19
6.2.2	Der Einfluss des Triage Niveaus.....	22
6.2.3	Der Einfluss des Alters.....	23
6.2.4	Der Einfluss der Ankunftsart.....	25
6.2.5	Der Einfluss einer benötigten Konsultation.....	26
6.2.6	Der Einfluss des Behandlungsbeginns.....	27
6.2.7	Der Einfluss des Geschlechts des Patienten.....	30
6.2.8	Der Einfluss des Wochentages.....	31
6.2.9	Der Einfluss des Leitsymptoms.....	32
6.3	Das Regressionsmodell.....	34
7.	Diskussion.....	36
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	36
7.2	Methoden.....	36
7.3	Resultate.....	39
7.3.1	Die Behandlungszeit.....	39
7.3.2	Der Einfluss der einzelnen Faktoren.....	40
7.3.2.1	Die Arztkategorie des behandelnden Arztes.....	41
7.3.2.2	Das Triage Niveau des Patienten.....	42
7.3.2.4	Die Ankunftsart.....	43

7.3.2.5 Konsultation einer nicht in der Notaufnahme vertretenen Fachrichtung.....	43
7.3.2.6 Der Behandlungsbeginn.....	44
7.3.2.7 Das Geschlecht.....	44
7.3.2.8 Der Wochentag .....	45
7.3.2.9 Die Leitsymptomkategorie.....	45
7.3.3 Das Regressionsmodell.....	45
7.4 Limitationen.....	47
7.4.1 Generelle Limitationen .....	47
7.4.2 Limitationen der multivariaten Regression .....	47
7.4.3 Limitationen im Literaturvergleich .....	48
8. Schlussfolgerungen .....	49
9. Literatur- und Quellenverzeichnis .....	50
10. Abbildungsverzeichnis .....	52
11. Tabellenverzeichnis.....	53
12. Anhang .....	54
12.1 Ehrenwörtliche Erklärung.....	54
12.2. Danksagung .....	55

## 1. Abkürzungsverzeichnis

BIC .....	Bayessches Informationskriterium
CTAS.....	Canadian Triage and Acuity System
DGINA .....	Deutsche Gesellschaft Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin
ESI.....	Emergency Severity Index
GCS .....	Glasgow Coma Score
TPPV .....	total physician time per patient visit
ZNA.....	Zentrale Notaufnahme

## 2. Zusammenfassung

Die adäquate ärztliche Personalplanung ist ein Schlüsselbaustein für den Betrieb einer erfolgreichen zentralen Notaufnahme. Ohne sie droht eine Überfüllung der Notaufnahme mit zum Teil lebensgefährlichen Konsequenzen für die Patienten. Für die Personalplanung ist es unerlässlich zu wissen, wie viel Zeit ein Arzt im Mittel pro Patient aufwendet. Schon wenige Minuten Unterschied wirken sich stark auf die Wartezeit der Patienten und die Anzahl der benötigten Ärzte aus. Diese mittlere Behandlungszeit ist im deutschen Raum bisher jedoch wenig untersucht und meistens nur geschätzt worden. Unser Ziel war es daher zuerst, diese Zeit aus einer repräsentativen Gruppe an Notaufnahmepatienten zu ermitteln. Als Nächstes sollten Faktoren identifiziert werden, die einen Einfluss auf diese Zeit haben. Untersucht wurden dazu die Faktoren Arztkategorie des behandelnden Arztes, Triage Niveau des Patienten, Alter des Patienten, Ankunftsart des Patienten, ob ein Konsil benötigt wurde, Uhrzeit des Behandlungsbeginns, Geschlecht des Patienten, Wochentag der Behandlung und das Leitsymptom des Patienten. Aus den Faktoren, die einen signifikanten Einfluss auf die Behandlungszeit hatten, wurde daraufhin ein multivariates Modell erstellt, mit dem sich die vermutliche Behandlungszeit eines Patienten vorhersagen lässt.

Hierzu wurden in der ZNA des Universitätsklinikums Jena zwischen Juli 2016 und Juni 2017 die Behandlungen von 202 Patienten dokumentiert, die von insgesamt 32 verschiedenen Ärzten durchgeführt wurden.

Das Patientengut bestand aus 112 männlichen und 90 weiblichen PatientInnen, die im Mittel 54 Jahre alt waren. Eingeschlossen wurden alle Patienten, bei denen eine vollständige Observierung der Behandlung gewährleistet werden konnte.

Dabei wurden eine mittlere Behandlungsdauer von 46,6 Minuten und eine mediane Behandlungsdauer von 36 Minuten je Patient festgestellt. Faktoren mit Einfluss auf die Behandlungszeit waren Arztkategorie des behandelnden Arztes, Triage Niveau des Patienten, Ankunftsart des Patienten, Wochentag der Behandlung und die Kategorie des Leitsymptoms des Patienten.

Zudem konnte folgende Formel ermittelt werden, um die voraussichtliche Behandlungszeit zu prognostizieren. Die einzusetzenden Parameter sind in Tabelle 1 dargestellt.

$$\text{Mittlere Behandlungszeit in Minuten} = 25,4 + 12,7 \cdot X_1 - 27,2 \cdot X_2 + 25,0 \cdot X_3 + 15,6 \cdot X_4 + 5,5 \cdot X_5 + 19,9 \cdot X_6 + 12,7 \cdot X_7 + 9,3 \cdot X_8$$

Tabelle 1; einzusetzende Parameter zur Abschätzung der Behandlungszeit

Parameter	Ausprägung	einzusetzende Werte
behandelnder Arzt	Assistenzarzt	X1=1
	Facharzt	X1=0
Ankunftsart	gehend	X2=1
	liegend	X2=0
Triage Niveau (ESI)	1+2	X3=1, X4=0, X5=0
	3	X3=0, X4=1, X5=0
	4	X3=0, X4=0, X5=1
	5	X3=0, X4=0, X5=0
Leitsymptomkategorie	internistisch	X6=1, X7=0, X8=0
	unfallchirurgisch	X6=0, X7=1, X8=0
	neurologisch/psychiatrisch	X6=0, X7=0, X8=1
	Diverses	X6=0, X7=0, X8=0

Mit dieser Formel ließ sich 46.5% der Streuung der Behandlungsdauer erklären ( $p < 0,001$ ).

Die mittlere Behandlungsdauer lag mit 46,6 Minuten dabei deutlich über den Zeiten, die momentan zur Personalplanung herangezogen werden. Diese Werte variieren zwischen 30 und 40 Minuten für Patienten in deutschen Notaufnahmen. Wenn sich unsere Ergebnisse in weiteren Untersuchungen bestätigen, sollten diese Abweichungen bei der Personalplanung berücksichtigt werden. Dadurch könnte das Risiko einer Überfüllung der Notaufnahme vermindert werden.

Außerdem kann mit der vorgestellten Formel eine Anpassung der Behandlungszeiten an unterschiedliche Notaufnahmen erfolgen. Hierfür müsste lediglich das Patienten- und Arztgut der Studie mit dem Patienten- und Arztgut der jeweiligen Notaufnahme verglichen werden und entsprechende Korrekturen durchgeführt werden.

### 3. Einleitung

In einer deutschen Notaufnahme werden jeden Tag eine Vielzahl zum Teil sehr verschiedener Patienten behandelt. Diese unterscheiden sich dabei stark durch ihre Symptome und der daraus resultierenden Dringlichkeit einer ärztlichen Behandlung. Eine zunehmende Anzahl der Notaufnahmen ist heute als Zentrale Notaufnahme (ZNA) organisiert. Dort werden alle Notfall- und Akutpatienten zentral erstversorgt und von Ärzten teilweise fächerübergreifend behandelt (Gries et al. 2011).

Um zu gewährleisten, dass jeder Patient in einer ihm angemessenen Zeit behandelt wird, ist es unabdingbar, dass die ZNA jederzeit mit einer ausreichenden Anzahl an Ärzten besetzt ist. Sollte dies nicht der Fall sein, steigt das Risiko einer Überfüllung der Notaufnahme. Dies kann zu einer erhöhten Anzahl an Behandlungsfehlern führen (Epstein et al. 2012) und damit auch zu einer erhöhten Mortalitätsrate (Richardson 2006, Sprivulis et al. 2006). Auch gibt es Hinweise darauf, dass die Rate an wiederkehrenden Patienten nach einer Überfüllung der Notaufnahme zunimmt, so dass auch das Patientenaufkommen an den folgenden Tagen erhöht sein kann (Miro et al. 1999). Daher ist es äußerst wichtig, dass ein solcher Zustand vermieden wird.

Für die erfolgreiche ärztliche Personalplanung gibt es verschiedene Modelle, mit denen eine Berechnung der benötigten Arbeitskräfte möglich ist.

In der Veröffentlichung „Emergency physician workload modeling“ ging der kanadische Autor I. Dubinsky auf diese zurzeit gebräuchlichen Modelle ein. In seiner Zusammenfassung kam er zu dem Schluss, dass aktuell kein perfektes Modell verfügbar sei. Er beschrieb dabei die folgenden Faktoren, die essenziell für ein solches Modell wären (Dubinsky 2012):

- geringe Kosten
- eine einfache Implementierung
- Validität
- Literaturunterstützung
- Flexibilität
- zielorientierte Ausrichtung der Anreize



Eines der genauesten Modelle zur Personalplanung ist die Leistungsrechnung, bei der der Zeitaufwand pro Patient berücksichtigt wird.

Um diese Art der Berechnung anwenden zu können, müssen vor allem die folgenden zwei Fragen beantwortet werden:

1. Wie hoch ist das voraussichtliche Patientenaufkommen pro Zeiteinheit an verschiedenen Wochentagen und zu unterschiedlichen Uhrzeiten?
2. Wieviel Zeit benötigt ein Patient voraussichtlich an Arztressourcen, während er behandelt wird?

Während sich die erste Frage meist aus den bisherigen Patientendaten der ZNA relativ genau vorhersagen lässt, wird die Behandlungszeit in den meisten Notaufnahmen nicht dokumentiert und ist damit nur abschätzbar. Zudem unterliegt die Behandlungszeit deutlichen Schwankungen je nach behandelndem Arzt und zu behandelndem Patienten (Behringer 2013).

Um in der Personalplanung trotzdem einen Referenzwert für die Behandlungszeit benutzen zu können, wird meist eine Mitgliederbefragung der Deutschen Gesellschaft Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin (DGINA) herangezogen oder es werden die Ergebnisse ausländischer Studien oder Befragungen verwendet (Hogan 2011). Hier wird jeweils davon ausgegangen, dass ein Facharzt etwa 1,6 Patienten pro Stunde und ein Assistenzarzt etwa 1,2 Patienten pro Stunde behandeln kann. Die Befragungen beruhen jedoch auf Schätzungen und ausländische Studien lassen sich nicht ohne Weiteres auf deutsche Notaufnahmen übertragen, da sich die Tätigkeitsprofile von deutschen und ausländischen Ärzten teilweise sehr stark unterscheiden (Hogan 2011).

Am genauesten und effektivsten wäre es, wenn jede Notaufnahme ihre Behandlungszeiten dokumentieren und auf ihre Personalplanung anwenden würde. Da dies jedoch beträchtliche Ressourcen in Anspruch nehmen würde, wird eine solche Dokumentation in den meisten Notaufnahmen nicht umgesetzt, auch wenn die dadurch effizientere Personalplanung die höheren Kosten wieder aufwiegen würde (Behringer 2013). Eine experimentelle Bestimmung der Behandlungszeit für den deutschen Raum existiert bisher nicht.

## 4. Ziele der Arbeit

Im Rahmen der vorliegenden prospektiven monozentrischen Beobachtungsstudie wurden drei Fragestellungen ausgewählt, für die nach einer Antwort geforscht werden sollte.

Unser Ziel war es zuerst, eine mittlere Behandlungszeit pro Patient aus einer repräsentativen Gruppe an Notaufnahmepatienten zu ermitteln.

Als Nächstes sollten Faktoren identifiziert werden, die einen Einfluss auf diese Zeit haben. Untersucht wurden dazu die Faktoren Arztkategorie des behandelnden Arztes, Triage Niveau des Patienten, Alter des Patienten, Ankunftsart des Patienten, ob ein Konsil benötigt wurde, Uhrzeit des Behandlungsbeginns, Geschlecht des Patienten, Wochentag der Behandlung und die Kategorie des Leitsymptoms des Patienten.

Aus den Faktoren, die einen signifikanten Einfluss auf die Behandlungszeit hatten, wurde daraufhin ein multivariates Modell erstellt, mit dem sich die vermutliche Behandlungszeit eines Patienten vorhersagen lässt. Diese Formel sollte möglichst wenige Faktoren enthalten, um einfach zu ermitteln und anzuwenden sein, aber trotzdem eine möglichst genaue Abschätzung der Behandlungszeit ermöglichen. So könnte jede Notaufnahme ihre Personalplanung an ihr jeweiliges Patientenkontingent anpassen. Im Hinblick auf die Faktoren, die Dubinsky, wie oben bereits, erwähnt voraussetzt, wird damit ein Beitrag hinsichtlich der Validität und der Flexibilität für ein Personalplanungsmodell erbracht.

## 5. Methodik

### 5.1 Ort der Datenerhebung

Die Notaufnahme des Universitätsklinikums Jena, in der die Datenerfassung für die vorliegende Studie durchgeführt wurde, ist eine Zentrale Notaufnahme. Hier werden jährlich etwa 33.000 Patienten behandelt. Lediglich Patienten, deren Probleme sich direkt der Pädiatrie, Urologie, Gynäkologie, Augenheilkunde, Dermatologie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde oder der Psychiatrie zuordnen lassen, werden nicht dort erstversorgt, sondern direkt in den Notfallbetreuungen der entsprechenden Einrichtungen behandelt. Die behandelnden Ärzte der ZNA sind entweder Assistenzärzte oder Fachärzte verschiedener Fachrichtungen. Ein Oberarzt ist immer anwesend oder nachts in Rufbereitschaft verfügbar. Patienten behandeln diese jedoch nur, wenn sie freie Valenzen haben und das Patientenaufkommen sehr groß ist. Ansonsten haben die Oberärzte hauptsächlich supervidierende und administrative Aufgaben. Die ZNA gliedert sich in einen Läufer- und einen Liegerbereich. In Ersterem werden hauptsächlich Patienten behandelt, die sich gehend selbst in der ZNA vorstellen. Patienten in Letzterem werden zumeist vom Rettungs- oder Notarztdienst eingeliefert. Es ist jedoch auch möglich, dass gehende Patienten schon vor dem ersten Arztkontakt von der Aufnahmeschwester oder dem Aufnahmepfleger aufgrund der vermuteten Dringlichkeit einer Behandlung dem Liegerbereich zugewiesen werden. Entscheidend für unsere Untersuchung war der durch die Aufnahmekraft zugewiesene Bereich.

## 5.2 Patientenkollektiv

Für die Untersuchung wurde die Behandlungszeit von insgesamt 218 Patienten erfasst. 16 Erfassungen mussten zur Datenanalyse ausgeschlossen werden, sodass die Daten von 202 Patienten ausgewertet werden konnten. Der häufigste Grund für einen Ausschluss von der Auswertung war, dass der beobachtete Arzt die Patienten einem anderen Arzt am Ende seiner Schicht übergeben hatte. Bei diesem konnte es nicht gewährleistet werden, dass jede mit der Behandlung in Zusammenhang stehende Aktion dokumentiert wurde.

Wenn der Beginn oder das Ende einer Behandlung nicht beobachtet werden konnte, war dies ein weiterer Grund für den Ausschluss von der Auswertung.

Von den verbleibenden 202 Patienten waren 112 männlich, dies entspricht 55,4%, und 90 weiblich, dies entspricht 44,6%. Abbildung 1 zeigt die Altersstruktur der Patientenpopulation. Die Patienten waren im Mittel 54,08 Jahre alt und der Median des Alters lag bei 54 Jahren. Der jüngste Patient war 18 Jahre alt und der älteste 94.

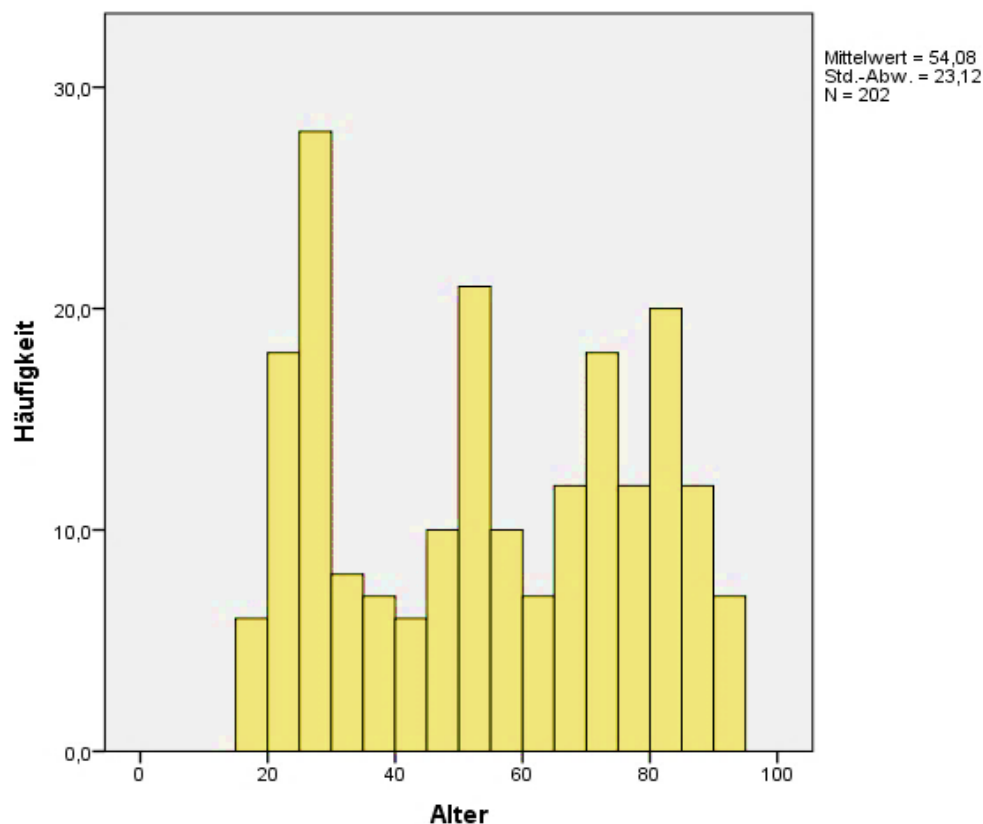


Abbildung 1; Altershäufigkeit der Patienten

### 5.3 Ärztekollektiv

Für die Datenerfassung wurden 32 verschiedene Ärzte beobachtet. Diese konnten einer von vier vorher definierten Kategorien zugeteilt werden:

- in der Notaufnahme fest angestellter Assistenzarzt
- Assistenzarzt, der im Rahmen seiner Facharztausbildung in die ZNA hinein rotiert, im Folgenden auch Rotant genannt
- Arzt mit abgeschlossener Facharztausbildung
- Oberarzt der ZNA

Neben dem Ausbildungsstand und der Beschäftigungsart, Rotant oder fest angestellter Arzt, wurde auch die Fachrichtung der Ärzte dokumentiert. Zur besseren Vergleichbarkeit der Arztkategorien wurde für jeden Patienten eine Arztkategorie ermittelt, die den behandelnden Arzt stellt. Sollte eine zweite Arztkategorie, außer dem supervidierenden Oberarzt, mehr als fünf Minuten Zeit für einen Patienten aufgewendet haben, wurde dieser Patient von der Analyse zuerst einmal ausgeschlossen. Die Zeit von fünf Minuten wurde als Grenze zwischen einem supervidierenden Gespräch mit einem nicht oberärztlichen Kollegen und einer Mitbehandlung angesetzt.

Die Daten der Ärzte wurden anonymisiert dokumentiert. Die Teilnahme der Ärzte war freiwillig, kein Arzt lehnte die Teilnahme ab. Es wurden maximal zwei Ärzte gleichzeitig beobachtet, damit gewährleistet werden konnte, dass alle zur Patientenversorgung zählenden Aktionen dokumentiert werden konnten.

## 5.4 Datenerfassung

Zur Patientenversorgung wurden folgende Aktionen gezählt: Anamnese, weitere Gespräche und Untersuchung, Dokumentation, Analyse der Patientengeschichte, Analyse der Untersuchungsergebnisse, Behandlungs- und Diagnosemaßnahmen, Gespräch mit Pflegekräften über den Patienten, Gespräch mit Studenten über den Patienten, Gespräch mit den Angehörigen, Gespräch mit ärztlichen Kollegen über den Patienten, Organisation der weiteren medizinischen Behandlung, Organisation eines eventuellen Patiententransports und Begleitung des Transports des Patienten innerhalb des Krankenhauses.

Wenn der behandelnde Arzt sich mit dem supervidierenden Oberarzt über den Patienten beriet, wurde diese Zeit ebenfalls dokumentiert.

Die Daten der 202 Patienten wurden von Juli 2016 bis Juni 2017 zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Wochentagen durchgeführt, um zu gewährleisten, dass die erfassten Daten das reale Patientenaufkommen der ZNA widerspiegeln.

Erhoben wurden die Daten von einem Doktoranden mithilfe der Smartphone Anwendung Oteha, die eigens für diese Erhebung programmiert wurde. Der Doktorand hatte bei der Erhebung keinerlei Einfluss auf die Zeit, die vom beobachteten Arzt benötigt wurde.

Von den Patienten wurden anonymisiert die folgenden Daten erhoben: Alter, die Ankunftsart des Patienten, das Triage Niveau nach dem Emergency Severity Index (ESI), das Geschlecht sowie das Leitsymptom nach der Canadian Emergency Department Information Systems Diagnosis Shortlist (Grafstein et al. 2008). Patienten, die wie in der Einleitung erwähnt zwar gehend in die Notaufnahme kamen, jedoch noch vor dem ersten Arztkontakt aufgrund der Dringlichkeit ihrer Symptomatik auf den Liegerbereich verwiesen wurden, wurden daraufhin den liegenden Patienten zugeordnet. Ob ein Konsil eines Arztes, der nicht in der Notaufnahme anwesend ist, benötigt wurde, wurde separat dokumentiert. Das Triage Niveau eines Patienten wurde bei seiner Ankunft nach dem Schema des ESI Triage Algorithmus bestimmt, wie er in Abbildung 2 zu sehen ist. Abbildung 3 zeigt nähere Informationen zur Anwendung des Algorithmus (Gilboy et al. 2005).

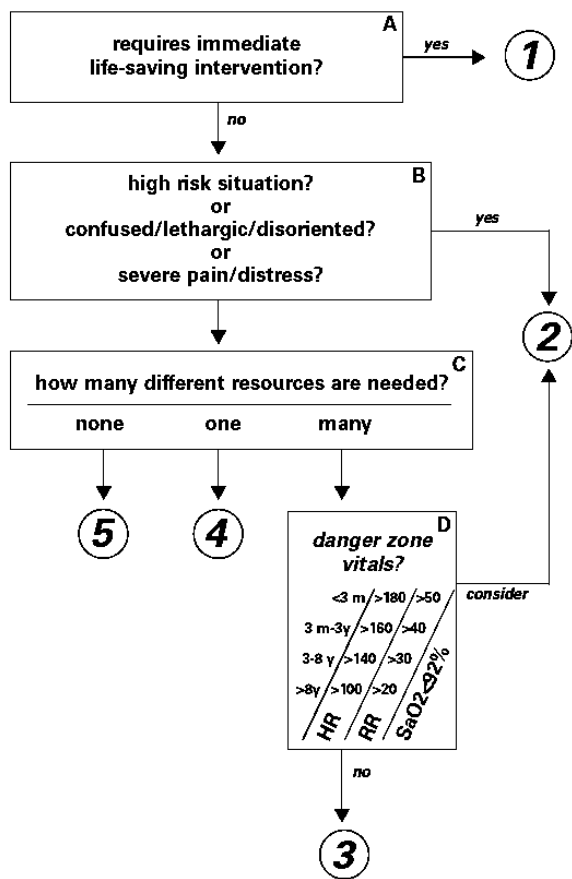


Abbildung 2; Bestimmung des Triage Niveaus nach dem ESI

- A. Immediate life-saving intervention required: airway, emergency medications, or other hemodynamic interventions (IV, supplemental O<sub>2</sub>, monitor, ECG or labs DO NOT count); and/or any of the following clinical conditions: intubated, apneic, pulseless, severe respiratory distress, SPO<sub>2</sub><90, acute mental status changes, or unresponsive.

Unresponsiveness is defined as a patient that is either:

- (1) nonverbal and not following commands (acutely); or
- (2) requires noxious stimulus (P or U on AVPU) scale.

- B. High risk situation is a patient you would put in your last open bed.

Severe pain/distress is determined by clinical observation and/or patient rating of greater than or equal to 7 on 0-10 pain scale.

- C. Resources: Count the number of different types of resources, not the individual tests or x-rays (examples: CBC, electrolytes and coags equals one resource; CBC plus chest x-ray equals two resources).

<i>Resources</i>	<i>Not Resources</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labs (blood, urine)</li> <li>• ECG, X-rays</li> <li>• CT-MRI-ultrasound-angiography</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• History &amp; physical (including pelvic)</li> <li>• Point-of-care testing</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IV fluids (hydration)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saline or heparin lock</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IV or IM or nebulized medications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PO medications</li> <li>• Tetanus immunization</li> <li>• Prescription refills</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specialty consultation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phone call to PCP</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple procedure =1 (lac repair, foley cath)</li> <li>• Complex procedure =2 (conscious sedation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple wound care (dressings, recheck)</li> <li>• Crutches, splints, slings</li> </ul>

- D. Danger Zone Vital Signs

Consider uptriage to ESI 2 if any vital sign criterion is exceeded.

Pediatric Fever Considerations

1 to 28 days of age: assign at least ESI 2 if temp >38.0 C (100.4F)

1-3 months of age: consider assigning ESI 2 if temp >38.0 C (100.4F)

3 months to 3 yrs of age: consider assigning ESI 3 if: temp >39.0 C (102.2 F), or incomplete immunizations, or no obvious source of fever

©ESI Triage Research Team, 2004 – (Refer to teaching materials for further clarification)

Abbildung 3; weitere Informationen zur Bestimmung des Triage Niveaus



## 5.5 Oteha

Die Anwendung Oteha speichert ihre Daten in drei separaten Datenbanken. Die erste Datenbank enthält dabei die Daten der Ärzte der ZNA. Diese wurden vor Beginn der Datenerfassung über das Smartphone eingegeben. In Abbildung 4 ist die Ansicht der Ärzte Datenbank im Reiter „Arzt“ auf dem Smartphone zu sehen.

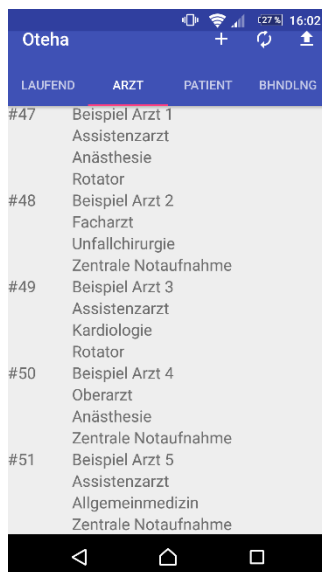


Abbildung 4; Ansicht Arzt

Jedem Arzt wurde eine Nummer zugeordnet und es wurden Funktion, Fachrichtung und Anstellungsort erfasst.

Für jeden neuen Patienten wurde über das „+“- Symbol im Reiter „laufend“ ein neuer Patient angelegt. Wie in den Abbildungen 5 und 6 zu sehen ist, wurden hier sämtliche patientenspezifischen Daten eingegeben. Der Eintrag aus dem Feld „Name“ erscheint zwar später noch in dem Reiter „laufend“, jedoch nicht in der Datenbank für die Patienten. Er dient lediglich der besseren Übersicht während der Datenerfassung.

**Patient erstellen**

Name  
Beispiel Patientin 1

Alter  
64

Triage  
2

Symptom  
Kardiovaskulär

Brustschmerz (kardial)

Ankunftsart  
Liegend

ABBRECHEN BESTÄTIGEN

Abbildung 5; neuer Patient 1.

**Patient erstellen**

Name  
64

Triage  
2

Symptom  
Kardiovaskulär

Brustschmerz (kardial)

Ankunftsart  
Liegend

Geschlecht  
Weiblich

ABBRECHEN BESTÄTIGEN

Abbildung 6; neuer Patient 2.

Durch die Bestätigung der angegebenen Daten wird dem Patienten eine Nummer zugewiesen und ein Eintrag in der zweiten Datenbank angelegt, die die Patientendaten anonymisiert enthält. Dies ist in Abbildung 7 zu sehen. Die Patienten 219 bis 225 sind rein fiktive Patienten.

LAUFEND	ARZT	PATIENT	BHDNDLNG
#225	Anonym	64	T3
	Luftnot		
	Liegend	Weiblich	
#224	Anonym	23	T4
	Verletzung untere Extremität		
	Stehend	Männlich	
#223	Anonym	72	T2
	Übelkeit und/oder Erbrechen		
	Liegend	Weiblich	
#222	Anonym	84	T2
	Bauchschmerzen		
	Liegend	Männlich	
#221	Anonym	47	T3
	Kopfschmerz		
	Stehend	Weiblich	
#220	Anonym	36	T4
	Rückenschmerzen		
	Stehend	Männlich	
#219	Anonym	65	T2
	Brustschmerz (kardial)		
	Liegend	Weiblich	

Abbildung 7; Ansicht Patient

Mit dem Bestätigen eines neuen Patienten wird dieser zudem im Reiter „laufend“ als aktiver Patient sichtbar. Dies ist in Abbildung 8 dargestellt. Über das „+“- Symbol neben dem Patienten können nun die behandelnden Ärzte ausgewählt werden.

Jeder unter einem Patienten aufgeführte Arzt erhält seine eigene Stoppuhr. Diese kann durch Drücken auf den Namen des behandelnden Arztes jederzeit pausiert bzw. fortgeführt werden. Ist der Name des Patienten mit dem des Arztes rot hinterlegt, beschäftigt sich der Arzt zurzeit nicht mit diesem Patienten, dessen Behandlung ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Ist der Name des Patienten mit dem des Arztes grün hinterlegt, wendet der Arzt gerade Zeit für diesen Patienten auf. Es ist auch möglich, dass sich zur selben Zeit mehrere Ärzte mit dem gleichen Patienten beschäftigen.

LAUFEND	ARZT	PATIENT	BHNDLNG
#219	Beispiel	00:07:00	+
	Beispiel Patientin 1		
	Beispiel Arzt 2	00:00:32	
	Beispiel Arzt 1	00:06:32	
#220	Beispiel	00:01:18	+
	Beispiel Patient 2		
	Beispiel Arzt 2	00:01:18	
#221	Beispiel	00:00:32	+
	Beispiel Patientin 3		
	Beispiel Arzt 1	00:00:32	
#222	Beispiel	00:03:55	+
	Beispiel Patient 4		
	Beispiel Arzt 1	00:03:55	

Abbildung 8; Ansicht Laufend

Sobald eine Patientenbehandlung abgeschlossen ist, wird die dokumentierte Behandlungszeit pausiert und dann gespeichert. Dadurch verschwindet der Patient aus dem Reiter „laufend“ und es erscheint ein neuer Eintrag im Reiter „Bhndlg“, wie er in Abbildung 9 dargestellt ist. Dieser beinhaltet die dritte Datenbank der Anwendung, die jedem Arzt-Patienten-Kontakt die Zeit der ersten und der letzten Beschäftigung zuweist, sowie die Zeit zwischen diesen beiden Zeiten, in denen der Arzt keine Zeit für den Patienten aufgewendet hat. Aus diesen Daten lässt sich dann die aufgewendete Zeit des Arztes pro Patient errechnen. Wie in der Abbildung 9 erkennbar, ist einem Patienten für jeden Arzt, der ihn behandelt hat, eine „Behandlung“ zugewiesen worden.

LAUFEND	ARZT	PATIENT	BHNDLNG
#340	Patient	#222	Arzt #47
	Gestartet		14.08.2017 16:35
	Gestoppt		14.08.2017 16:39
	Pausiert		00:00:00
#339	Patient	#221	Arzt #47
	Gestartet		14.08.2017 16:02
	Gestoppt		14.08.2017 16:02
	Pausiert		00:00:00
#338	Patient	#220	Arzt #48
	Gestartet		14.08.2017 15:56
	Gestoppt		14.08.2017 16:11
	Pausiert		00:14:16
#337	Patient	#219	Arzt #47
	Gestartet		14.08.2017 15:55
	Gestoppt		14.08.2017 16:53
	Pausiert		00:45:10
#336	Patient	#219	Arzt #48
	Gestartet		14.08.2017 15:55
	Gestoppt		14.08.2017 16:02

Abbildung 9; Ansicht Behandlung

## 5.6 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung wurde das Statistikprogram SPSS Statistics (Version 24.0.0.1) verwendet. Auch für die Abbildung der statistischen Ergebnisse wurde SPSS Statistics benutzt.

Zur Analyse wurde neben einer deskriptiven Statistik jeweils ein Signifikanztest durchgeführt. Hierzu wurden je nach Parameterart verschiedene Tests durchgeführt:

- Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest zur Verteilungsanalyse einer intervallskalierten Variable
- Mann-Whitney-Test zur Untersuchung auf Unterschiede zweier unabhängiger nicht parametrischer Stichproben
- Kruskal-Wallis-Test zur Untersuchung auf Unterschiede von mehr als zwei unabhängigen nicht parametrischen Stichproben
- Dunn-Bonferroni-Tests als Post-hoc-Tests nach einem signifikanten Kruskal-Wallis-Test zur Untersuchung der bei diesem Test beinhalteten Faktoren auf signifikante Unterschiede zwischen jeweils zwei Faktoren
- Lineare Regression zur Untersuchung auf Zusammenhänge zwischen zwei intervallskalierten Variablen
- Pearson Chi-Quadrat-Test zur Testung, ob zwischen zwei kategorialen Variablen ein signifikanter Zusammenhang besteht

- Binomialtest zur Testung, ob die Häufigkeitsverteilung einer dichotomen Variable einer vermuteten Verteilung entspricht
- ein verallgemeinertes lineares Modell zur Erstellung des multivariaten Modells

Um ein Modell zur Abschätzung der mittleren Behandlungszeit anzufertigen, wurde ein multivariates Regressionsmodell erstellt. Dieses diente dazu, die Abhängigkeit der Behandlungszeit von den einzelnen Faktoren darzustellen. Dabei wurde auch die Signifikanz der Faktoren im Gesamtmodell überprüft. Da in den vorherigen Analysen eine Kollinearität zwischen den Faktoren nicht ausgeschlossen werden konnte, sollte mit diesem Modell ermittelt werden, ob die Signifikanz auch noch gegeben ist, wenn der Einfluss aller Faktoren gleichzeitig berücksichtigt wird. Nachdem nur noch signifikante Faktoren im Modell übrigblieben, wurde untersucht, ob es möglich ist, die Anpassungsgüte des Modells durch Ausschluss eines der signifikanten Faktoren zu verbessern. Zum Vergleich wurde hierzu das Bayessche Informationskriterium (BIC) herangezogen. Umso niedriger dieser Wert ist, desto besser ist die Anpassungsgüte des Modells. Durch Ausschluss verschiedener Faktoren wurde versucht das BIC so gering wie möglich zu halten und damit das Modell mit der besten Anpassungsgüte zu ermitteln.

Das Signifikanzniveau wurde bei allen Testungen auf  $p < 0,05$  festgelegt.

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Die mittlere Behandlungsdauer

Zur Berechnung der mittleren Behandlungsdauer wurde von allen 202 Patienten die Behandlungszeit ermittelt. Diese setzte sich zusammen aus den einzelnen Behandlungszeiten der behandelnden Ärzte. Nicht berücksichtigt wurden hier die aufgewendete Zeit eines supervidierenden Oberarztes, da von diesem, wie bereits zuvor beschrieben, nicht mit Sicherheit alle zum Patienten gehörenden Aktionen dokumentiert werden konnten.

Die Behandlungsdauer war nicht normalverteilt ( $p < 0,001$ ). Darauf lässt auch Abbildung 10 schließen. Der Median der Behandlungsdauer lag bei 36 Minuten pro Patient (Range 2-191 Minuten). Der Mittelwert betrug 46,6 Minuten pro Patient (Standardabweichung: 33,7 Minuten).

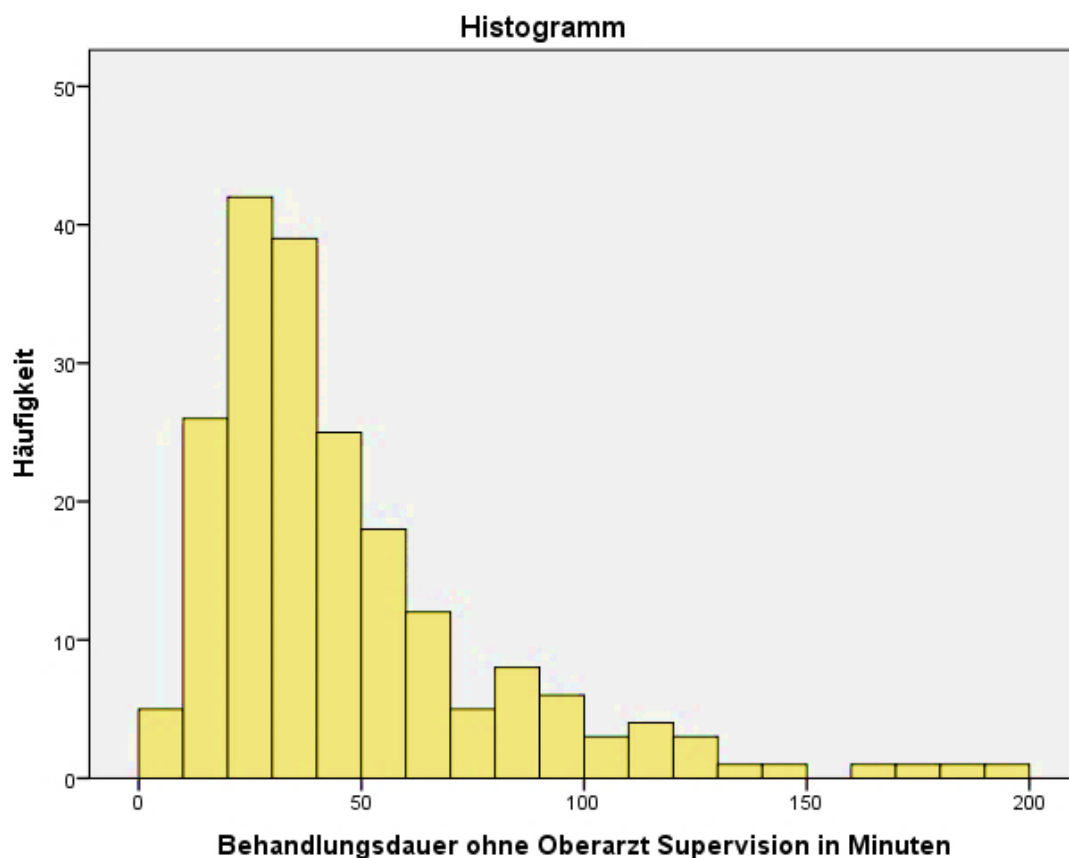


Abbildung 10; Häufigkeiten der Behandlungsdauer bei zehn Minuten Balkenbreite

## 6.2 Der Einfluss der erhobenen Faktoren auf die Behandlungsdauer

Im Folgenden wurde der Einfluss der erhobenen Faktoren zuerst einzeln und unabhängig von anderen Faktoren auf die Behandlungsdauer untersucht. Jeder Faktor, der dabei einen signifikanten Einfluss zeigte, wurde dann im folgenden Abschnitt in ein multivariates Modell eingeschlossen.

### 6.2.1 Unterschiede in den Arztkategorien

180 der 202 Patienten konnte, wie oben beschrieben, eine Arztkategorie als behandelnder Arzt, im Folgenden auch Hauptbehandler genannt, zugeteilt werden.

Auch diese Verteilung folgte keiner Normalverteilung ( $p < 0,001$ ) und auch keiner Poissonverteilung ( $p < 0,001$ ).

Wie in Tabelle 2 und Abbildung 11 zu sehen ist, benötigten rotierende Assistenzärzte am meisten Zeit für ihre Patienten, wohingegen Fachärzte die geringste Zeit benötigten.

Tabelle 2; Hauptbehandlungsdauer nach Arztkategorie

Arztkategorie	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
rotierender Assistenzarzt	44,5	17-138	32
fest angestellter Assistenzarzt	35	2-162	99
Facharzt	26	9-73	39
Oberarzt	33,5	12-59	10

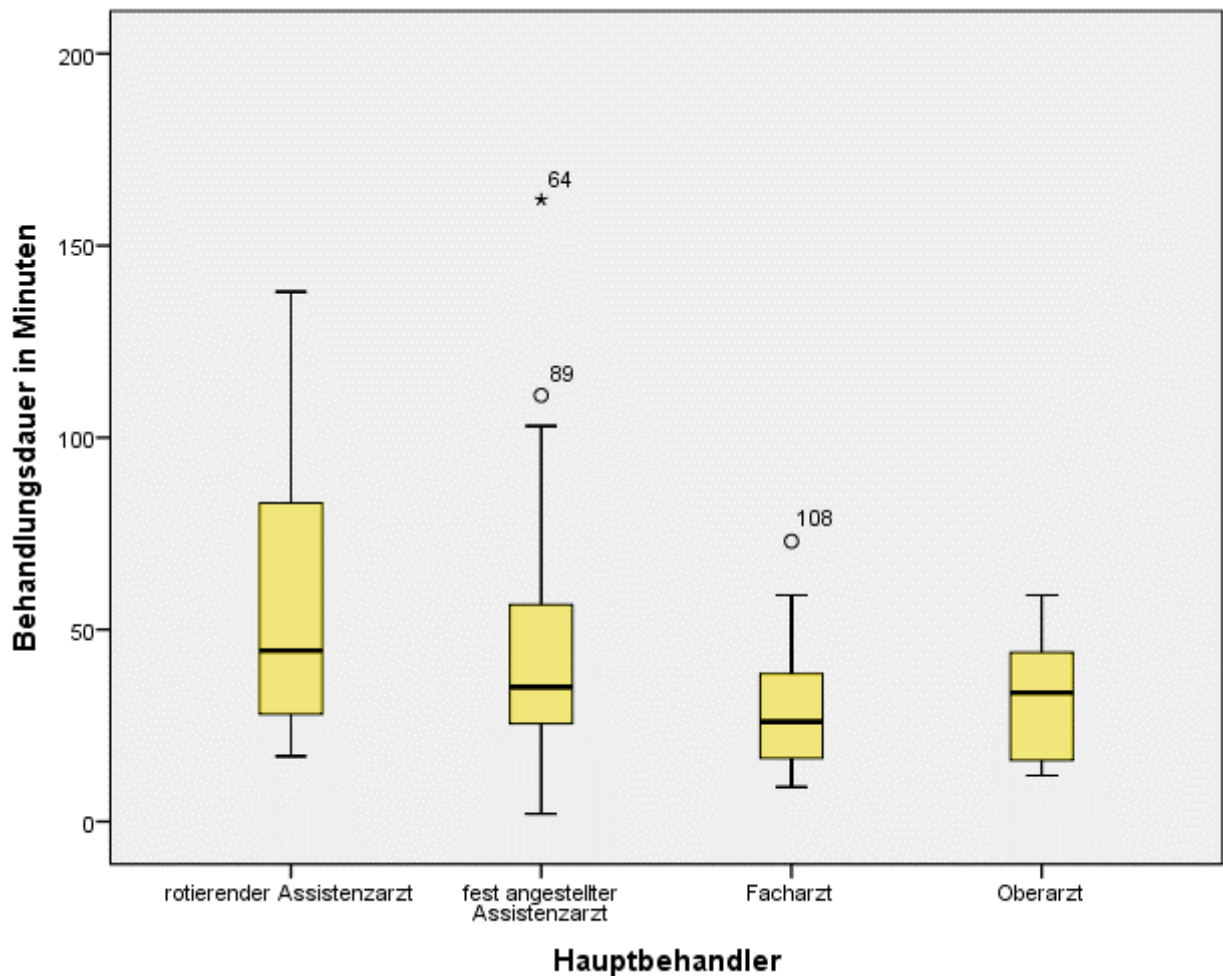


Abbildung 11; Behandlungsdauer nach Arztkategorie des behandelnden Arztes

Die Verteilung der Behandlungszeiten ist dabei über die Arztkategorien signifikant verschieden ( $p=0,001$ ).

Bei den daraufhin durch geführten Post-hoc-Tests zeigte sich, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Assistenzarztkategorien bestand ( $p=0,95$ ). Zwischen den Fachärzten und rotierenden Assistenzärzten bestand ebenso ein Unterschied ( $p=0,001$ ) wie zwischen den Fachärzten und fest angestellten Assistenzärzten ( $p=0,001$ ). Auf Post-hoc Tests mit der Kategorie der Oberärzte wurde aufgrund der geringen Patientenzahl verzichtet. Zur besseren Vergleichbarkeit und aufgrund logischer Annahmen wurden die Kategorien der Oberärzte und Fachärzte zusammengefasst. Auch die Kategorien der Assistenzärzte konnten aufgrund der obigen Berechnung zusammengelegt werden. Im Folgenden wurde daher mit einer Kategorie der Fachärzte/Oberärzte und einer Kategorie der Assistenzärzte gerechnet. Hierdurch konnten noch elf weitere Patienten in die folgenden Analysen mit einbezogen werden, da sie nun nur noch von einer der zwei verbliebenen Arztkategorien hauptsächlich behandelt wurden.



Mit diesen 191 Patienten wurden auch die Berechnungen für die folgenden Faktoren durchgeführt, da für das Regressionsmodell nur ein Patientenkollektiv zulässig ist. Tabelle 3 und Abbildung 12 zeigen dabei deutlich, dass Fachärzte bzw. Oberärzte weniger Zeit zur Behandlung ihrer Patienten benötigen als Assistenzärzte.

Tabelle 3; Behandlungsdauer nach Arztkategorie des behandelnden Arztes

Arztkategorie	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
Assistenzärzte	38,5	2-181	142
Fachärzte/Oberärzte	28	9-73	49

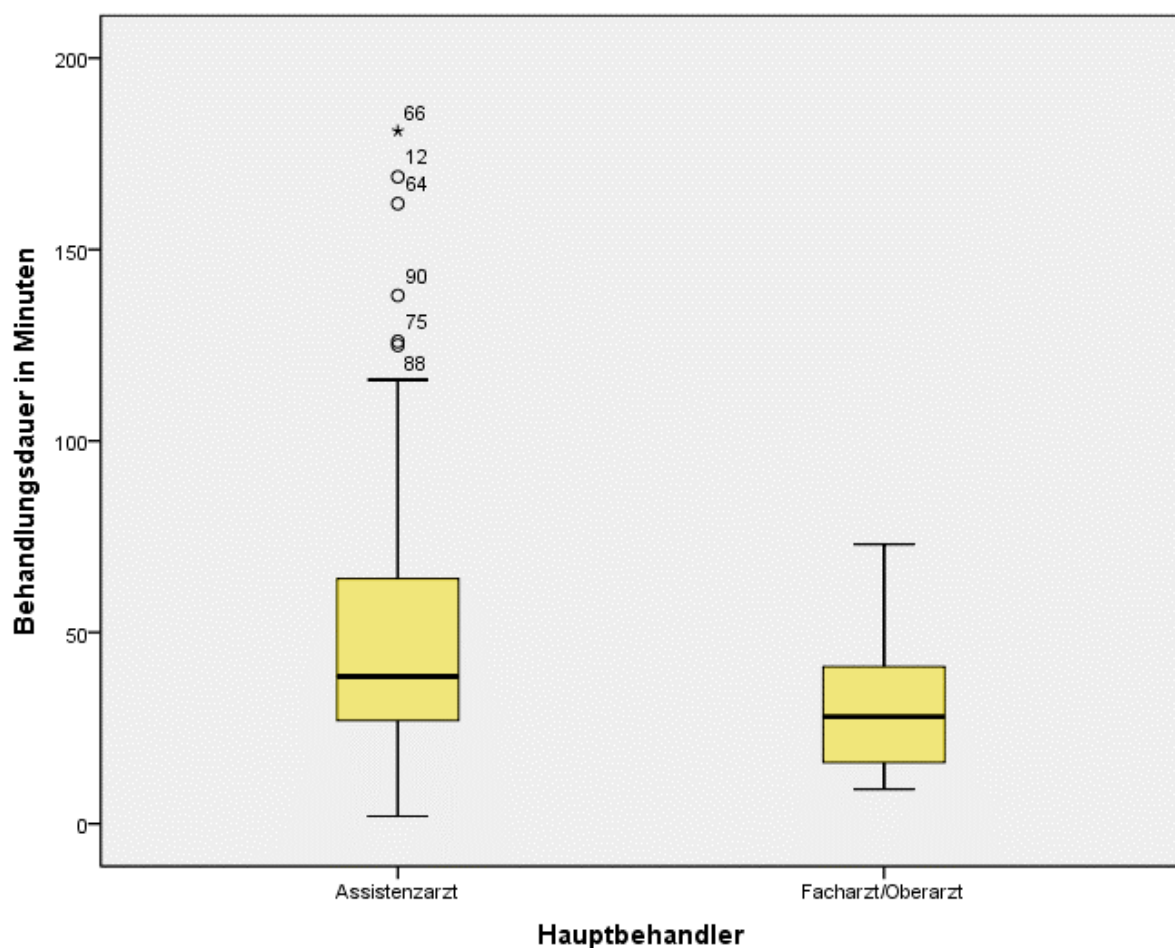


Abbildung 12; Behandlungsdauer nach Arztkategorie des behandelnden Arztes

Die Unterschiede in der Behandlungszeit zwischen den Kategorien der Assistenzärzte und Fachärzte/Oberärzte waren dabei statistisch signifikant ( $p < 0.001$ ).

Der Assistenzarzt/Facharzt-Quotient betrug daher  $38,5/28 = 1,375$ . Ein Assistenzarzt benötigte also im Median 37,5 % mehr Zeit pro Patient als ein Facharzt bzw. Oberarzt.

### 6.2.2 Der Einfluss des Triage Niveaus

Bei der Ankunft in der ZNA wurde für jeden Patienten das Triage Niveau nach der ESI Klassifizierung bestimmt. Da nur zwei Patienten dem Triage Niveau 1 zugeordnet werden konnten und dies keine statistische Auswertung zugelassen hätte, wurden diese beiden Patienten mit dem Triage Niveau 2 zusammengefasst.

Wie Tabelle 4 und Abbildung 13 zeigen, benötigten die Patienten des Triage Niveau 1+2 am meisten Arztzeit. Umso höher das Triage Niveau, desto mehr nimmt die Behandlungszeit ab.

Tabelle 4; Behandlungsdauer nach Triage Niveau

<b>Triage Niveau</b>	<b>Median (in Min.)</b>	<b>Range (in Min.)</b>	<b>Anzahl</b>
1+2	61	22-181	39
3	39	10-162	89
4	24,5	7-83	42
5	16	2-56	21

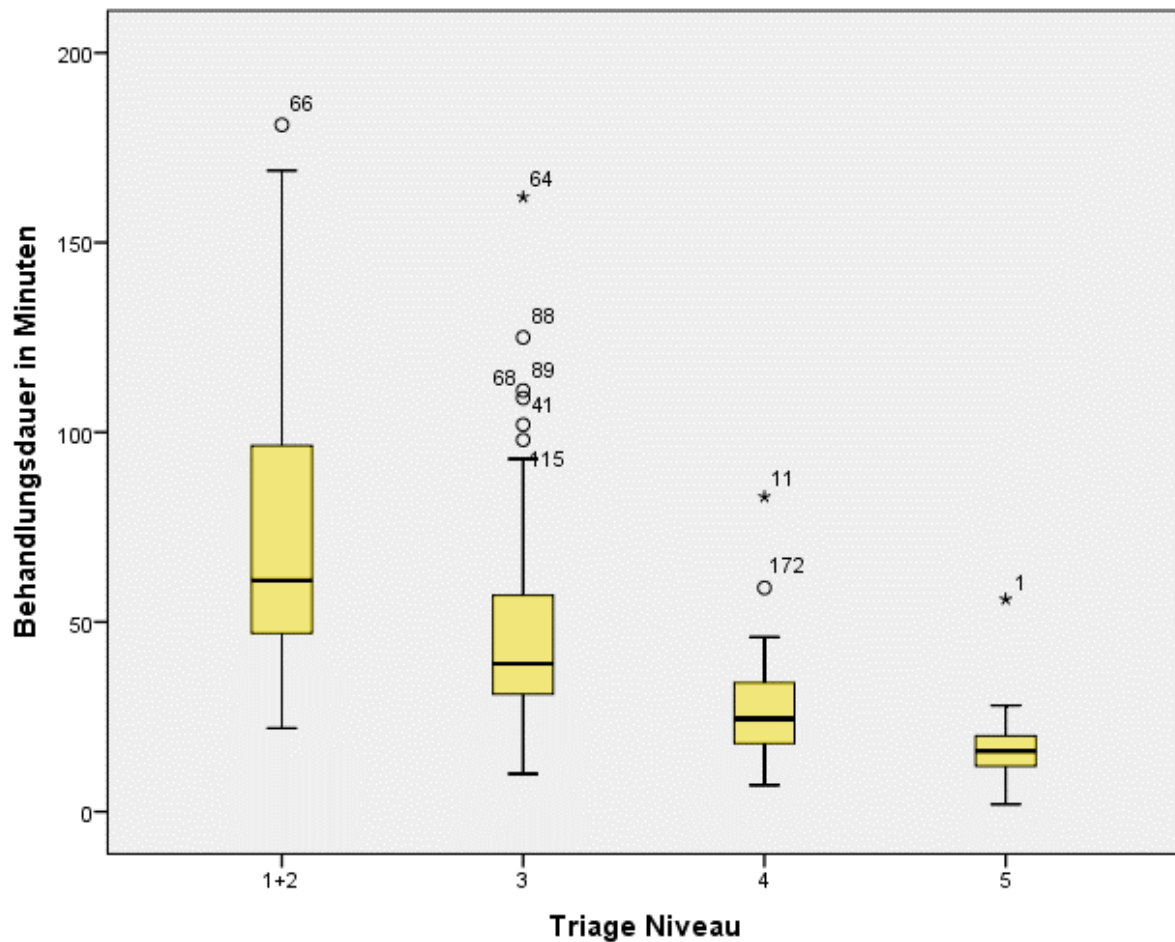


Abbildung 13; Behandlungsdauer nach Triage Niveau

Der sichtbare Unterschied ließ sich auch statistisch belegen ( $p < 0,001$ ).

Zur Untersuchung der Differenzen zwischen den Kategorien wurden Post-hoc-Tests zum paarweisen Vergleich durchgeführt. Bis auf den Vergleich zwischen Triage Niveau 4 und 5 ( $p = 0,354$ ) zeigte sich dabei jeder Unterschied als signifikant ( $p < 0,005$ ), die Behandlungsdauer nahm also mit steigendem Triage Niveau ab.

### 6.2.3 Der Einfluss des Alters

Um zu untersuchen, ob das Patientenalter einen Einfluss auf die Behandlungszeit hatte, wurde bei jedem Patienten auch das Alter dokumentiert und in der Auswertung gegen die Behandlungszeit aufgetragen.

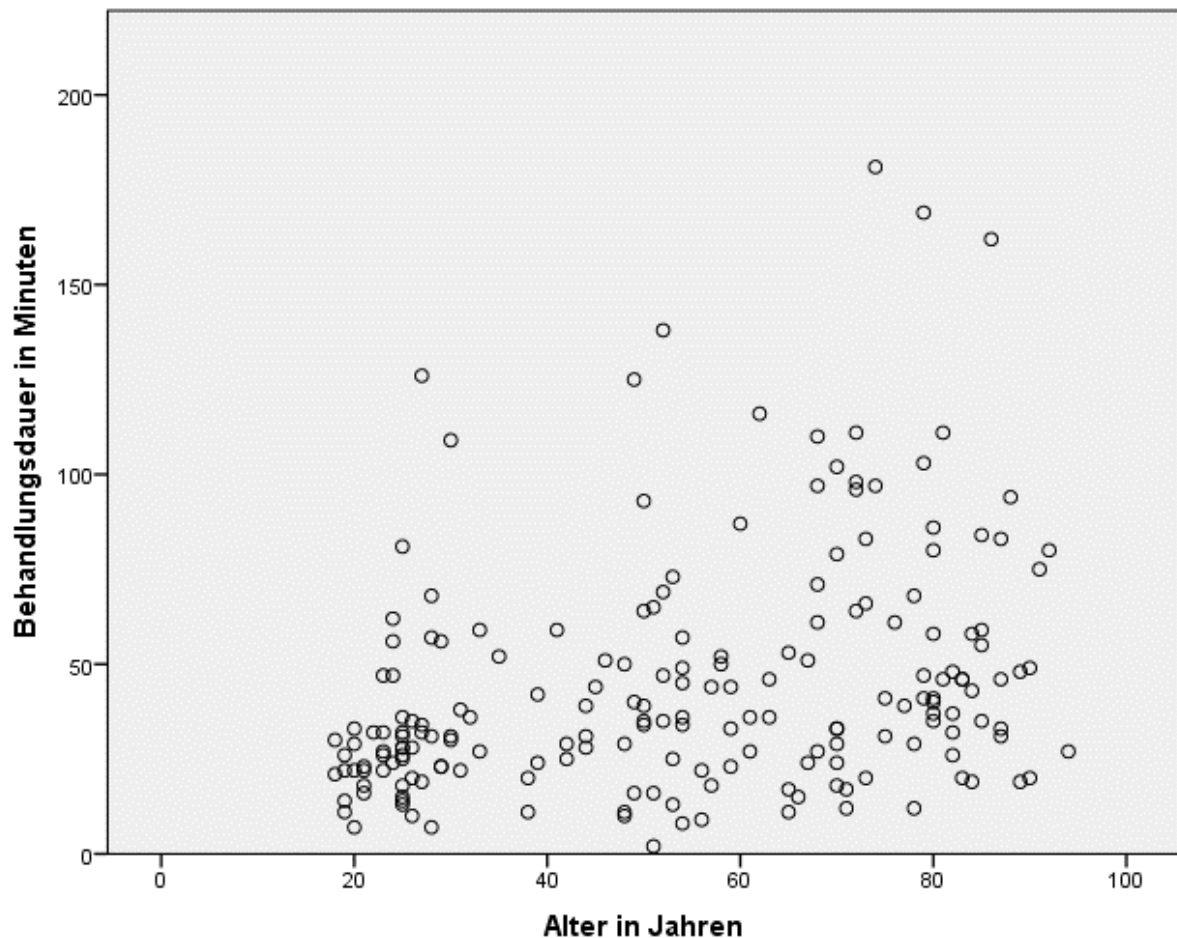


Abbildung 14; Streuung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit vom Alters des Patienten

Abbildung 14 lässt einen linearen Zusammenhang vermuten, der durch ein signifikantes lineares univariates Regressionsmodell bestätigt wurde ( $p < 0,001$ ). Der hierdurch ermittelte Regressionskoeffizient des Alters betrug 0,44 ( $p < 0,001$ ) und der Koeffizient der Konstante 21,119 ( $p < 0,001$ ). Die Modellgüte wurde durch das korrigierte R-Quadrat berechnet. Dieses betrug für das vorliegende Modell 0,1.

Die Regressionsgerade

$$\text{Behandlungsdauer in Minuten} = 21,111 + \text{Alter in Jahren} \cdot 0,44$$

sagt also aus, dass die Behandlungsdauer pro Patientenjahr um 0,44 Minuten stieg. Diese Formel würde 10% der Streuung der Behandlungsdauer erklären können, wenn das Alter keine Kollinearitäten mit anderen Faktoren aufweisen würde.

## 6.2.4 Der Einfluss der Ankunftsart

Um zu untersuchen, ob die Ankunftsart einen Einfluss auf die Behandlungszeit hatte, wurde bei jedem Patienten notiert, ob er selbst gehend oder liegend vom Rettungs- bzw. Notarztdienst gebracht wurde. Die gehenden Patienten wurden meist im Läuferbereich behandelt, die Liegenden im Liegerbereich. Tabelle 5 und Abbildung 15 legen nahe, dass gehend ankommende Patienten dabei deutlich weniger Arztzeit benötigten als Patienten, die liegend in der ZNA eintrafen.

Tabelle 5; Behandlungszeit in Abhängigkeit von der Ankunftsart des Patienten

Ankunftsart	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
Gehend	28	2-93	121
Liegend	58	14-181	70

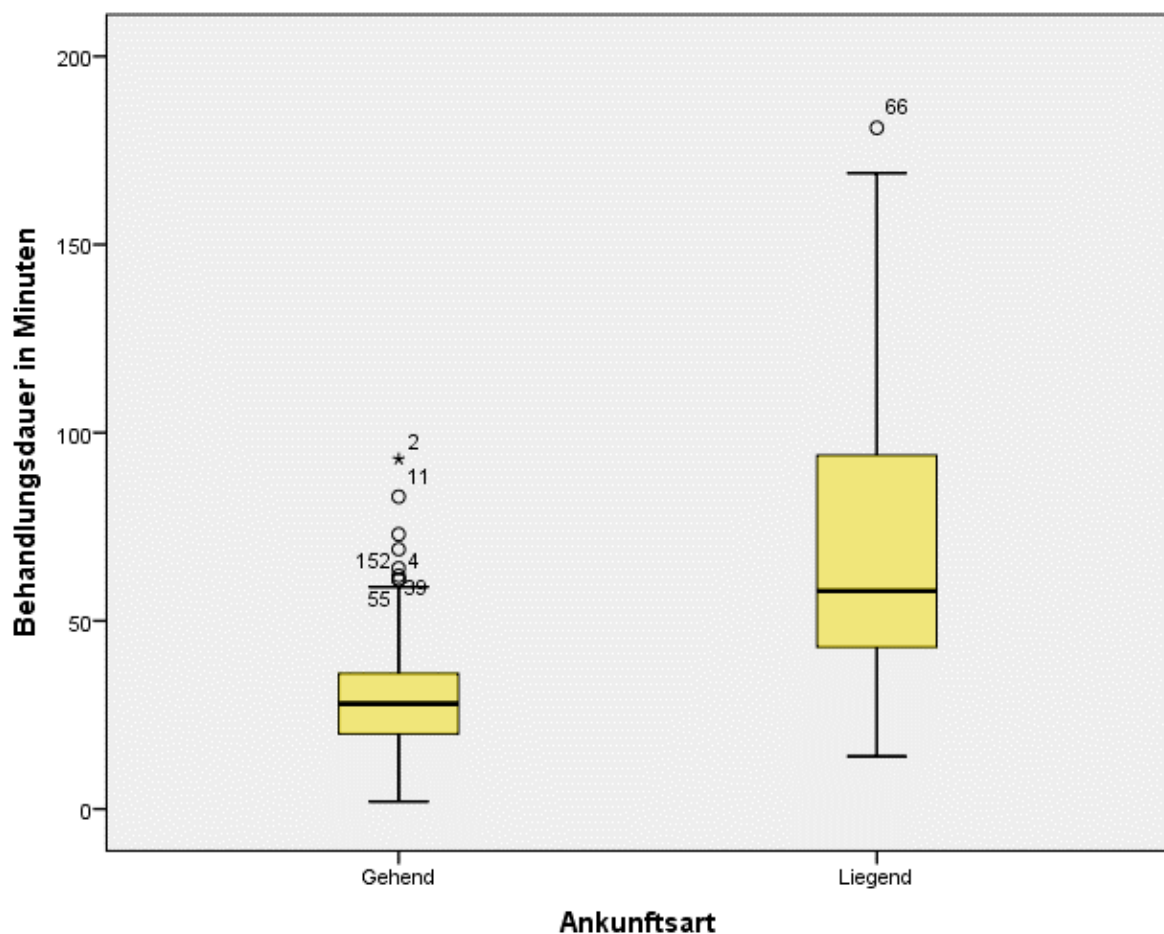


Abbildung 15; Behandlungszeit in Abhängigkeit von der Ankunftsart des Patienten

Der oben erkennbare Trend war statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Es kann also davon ausgegangen werden, dass gehend ankommende Patienten eine kürzere Behandlungszeit als liegend eintreffende Patienten benötigten. In der vorliegenden Studie banden letztere Patienten etwa doppelt so viele Arztressourcen wie erstere Patienten.

### 6.2.5 Der Einfluss einer benötigten Konsultation

Wird während der Behandlung eine Fachrichtung in der Notaufnahme zu Rate gezogen, die nicht regulär in der Notaufnahme anwesend ist, wird hierzu ein Konsil gestellt. Die Zeit, die der konsiliarisch tätige Arzt für den Patienten aufwandte, wurde nicht dokumentiert und fand sich also auch nicht in der Behandlungsdauer wieder, da es sich hier um keinen Arzt der ZNA handelte. Um zu untersuchen welchen Einfluss ein benötigtes Konsil auf die Behandlungszeit hat, wurde diese zwischen Patienten mit und solchen ohne Konsil verglichen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und Abbildung 16 zu sehen.

Tabelle 6; Behandlungsdauer abhängig davon, ob ein Konsil benötigt wurde

<b>Konsil</b>	<b>Median (in Min.)</b>	<b>Range (in Min.)</b>	<b>Anzahl</b>
Konsil erhalten	55	11-162	47
Kein Konsil erhalten	32,5	2-181	144

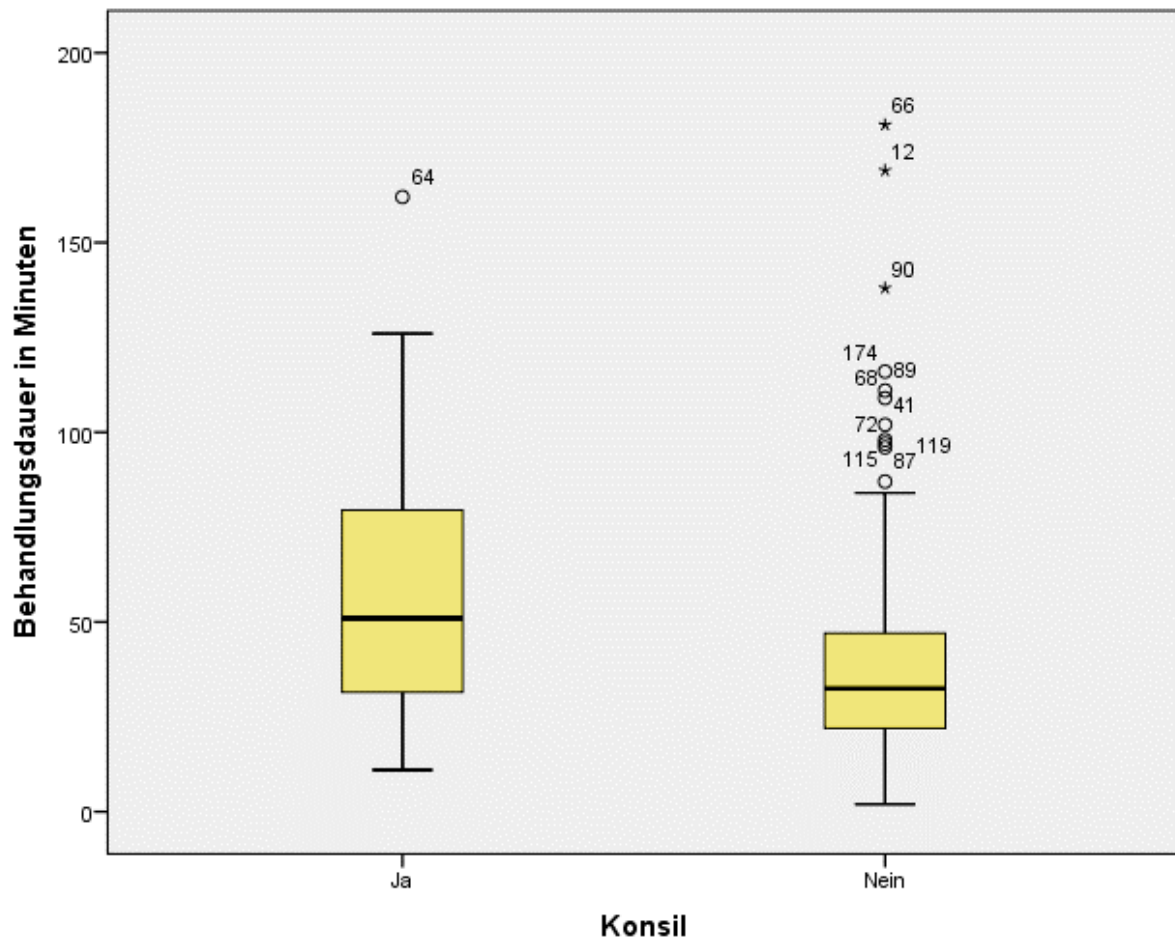


Abbildung 16; Behandlungsdauer abhängig davon, ob ein Konsil benötigt wurde

Ein Unterschied ließ sich statistisch nachweisen ( $p=0,001$ ).

Patienten, die kein Konsil erhielten, benötigten also eine geringere Behandlungszeit als solche, die ein Konsil erhielten.

### 6.2.6 Der Einfluss des Behandlungsbeginns

Zur Untersuchung, ob der Zeitpunkt, zu dem mit der Behandlung begonnen wurde, einen Einfluss auf die Dauer der Behandlung hat, wurde dieser für jeden Patienten dokumentiert. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde der Behandlungsbeginn in drei achttündige Intervalle separiert: 00:00-07:59, 08:00-15:59 und 16:00-23:59. In Tabelle 7 ist die deskriptive Statistik und in Abbildung 17 die Boxplots der Behandlungsdauer in Abhängigkeit von dem Behandlungsbeginn zu sehen.

Tabelle 7; Behandlungsdauer abhängig vom Zeitpunkt des Behandlungsbeginns

Behandlungsbeginn	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
08:00-15:59	33	2-138	120
16:00-23:59	35	8-169	55
00:00-07:59	61	17-181	16

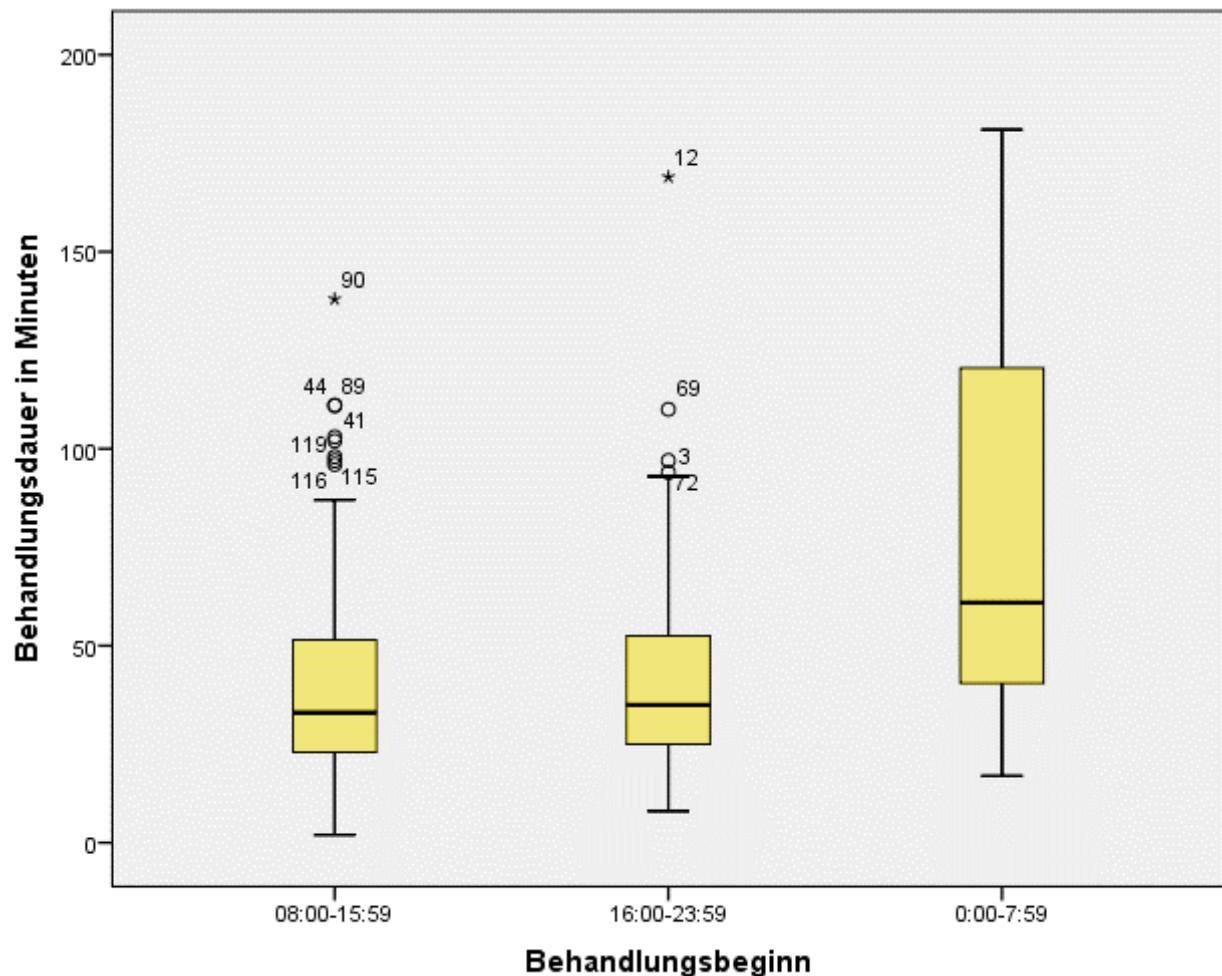


Abbildung 17; Behandlungsdauer abhängig vom Zeitpunkt des Behandlungsbeginns

Da sich die Verteilung über alle drei Kategorien signifikant unterschied ( $p=0,006$ ), wurden Post-hoc-Tests zum paarweisen Vergleich durchgeführt. Diese zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 08:00-15:59 und 16:00-23:59 ( $p=1$ ). Zwischen den Gruppen 00:00-07:59 und 08:00-15:59 gab es jedoch einen signifikanten Unterschied ( $p=0,004$ ), genauso wie zwischen den Gruppen 00:00-07:59 und 16:00-23:59 ( $p=0,016$ ). Daher konnten die beiden Kategorien 08:00-15:59 und 16:00-23:59 zusammengefasst werden.



Dies ergab die in Tabelle 8 abgebildete Verteilung und die in Abbildung 18 dargestellten Boxplots. Diese zeigen, dass Patienten, deren Behandlungsbeginn zwischen 08:00 und 23:59 lag, eine kürzere Behandlungszeit hatten als solche, deren Behandlung zwischen 0:00 und 7:59 begann.

Tabelle 8; Behandlungszeit abhängig vom Behandlungsbeginn

Behandlungsbeginn	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
08:00-23:59	34	2-169	175
00:00-07:59	61	17-181	16

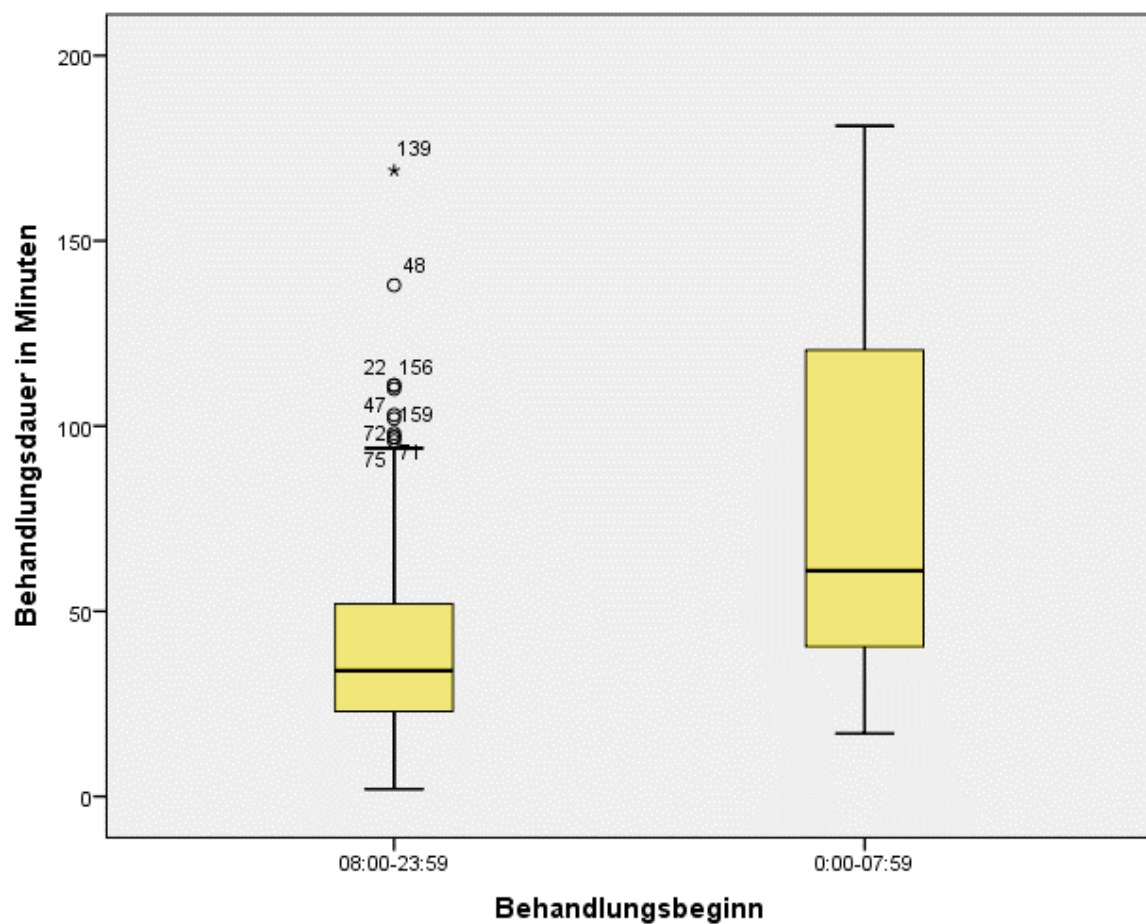


Abbildung 18; Behandlungszeit abhängig vom Behandlungsbeginn

### 6.2.7 Der Einfluss des Geschlechts des Patienten

Zur Untersuchung, ob das Geschlecht einen Einfluss auf die Behandlungsdauer hat, wurde in Tabelle 9 und Abbildung 19 die Dauer gegen das Geschlecht aufgetragen.

Tabelle 9; Behandlungsdauer nach Geschlecht des Patienten

Geschlecht	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
Männlich	36	2-181	107
Weiblich	34,5	7-169	84

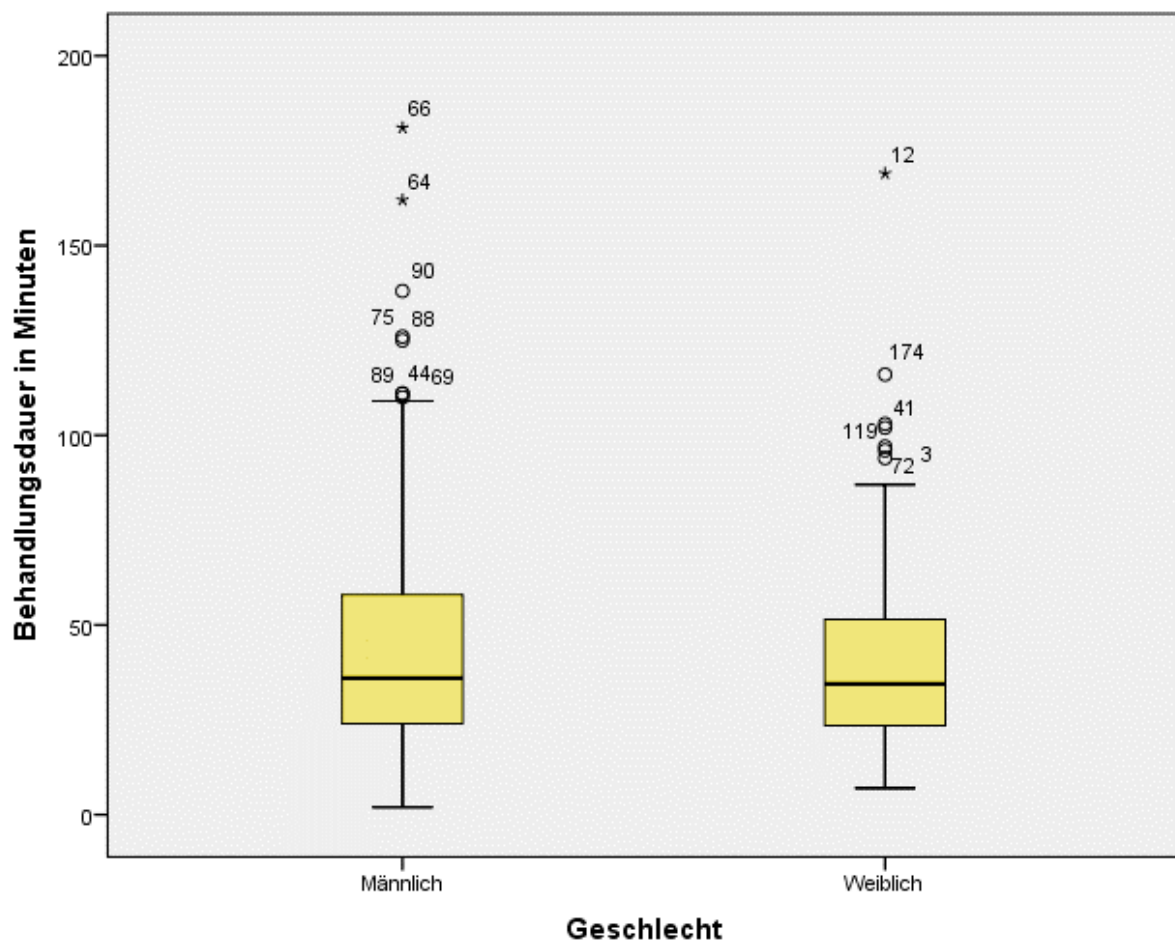


Abbildung 19; Behandlungsdauer nach Geschlecht des Patienten

Es zeigte sich auch statistisch, dass das Geschlecht des Patienten keinen signifikanten Einfluss auf die Behandlungsdauer hatte ( $p=0,775$ ).

## 6.2.8 Der Einfluss des Wochentages

Im Folgenden wurde untersucht, ob der Wochentag der Behandlung einen Einfluss auf die Behandlungszeit hatte. Wie in Tabelle 10 und Abbildung 20 zu sehen ist, beanspruchten Patienten freitags im Median am meisten und dienstags am wenigsten Zeit.

Tabelle 10; Behandlungsdauer nach Wochentag

<b>Wochentag</b>	<b>Median (in Min.)</b>	<b>Range (in Min.)</b>	<b>Anzahl</b>
Montag	42.5	12-84	22
Dienstag	31,5	2-103	42
Mittwoch	36	8-138	28
Donnerstag	30	7-116	32
Freitag	58	7-169	25
Samstag	38	9-181	26
Sonntag	36,5	10-126	16

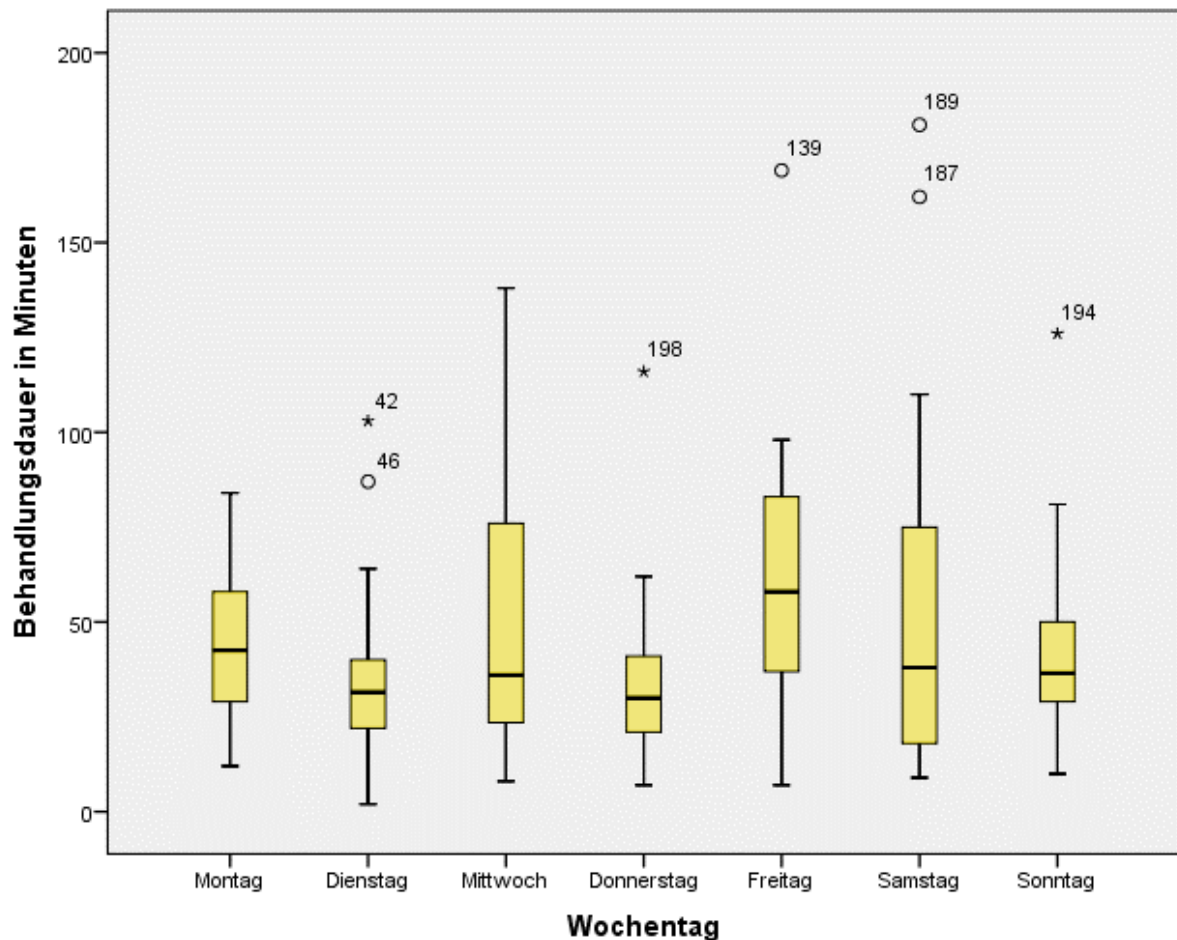


Abbildung 20; Behandlungsdauer nach Wochentag

Ein statistischer Test über alle Wochentage führte zu dem Ergebnis, dass sich die Behandlungsdauer signifikant zwischen den Tagen unterscheidet ( $p=0,007$ ). Die Post-hoc durchgeführten Dunn-Bonferroni-Tests zum paarweisen Vergleich zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen Freitag und Donnerstag ( $p=0,007$ ) und zwischen Freitag und Dienstag ( $p=0,004$ ). Sämtliche anderen Vergleiche wiesen keinen signifikanten Unterschied auf ( $p>0,54$ ).

### 6.2.9 Der Einfluss des Leitsymptoms

Um zu untersuchen, ob das Leitsymptom einen relevanten Einfluss auf die Behandlungszeit hatte, wurden die Leitsymptome der Patienten einer der Kategorien internistisch, unfallchirurgisch und neurologisch/psychiatrisch zugeordnet. Die Leitsymptome von 17 Patienten konnten nicht eindeutig einer der drei Kategorien zugeteilt werden.

Daher wurden sie für die Analyse in der Kategorie Diverses zusammengefasst. In Tabelle 11 und Abbildung 21 ist dabei zu sehen, dass Patienten mit einem internistischen Leitsymptom mit 44 Minuten im Median am meisten Behandlungszeit benötigten. Darauf folgten die unfallchirurgischen bzw. die neurologisch/psychiatrischen Patienten mit 33 Minuten. Am wenigsten Zeit benötigten die Patienten der Kategorie Diverses mit 25 Minuten.

Tabelle 11; Behandlungsdauer nach Leitsymptomkategorie

Leitsymptomkategorie	Median (in Min.)	Range (in Min.)	Anzahl
internistisch	44	7-181	69
unfallchirurgisch	33	9-126	72
neurologisch/psychiatrisch	33	7-125	33
Diverses	25	2-50	17

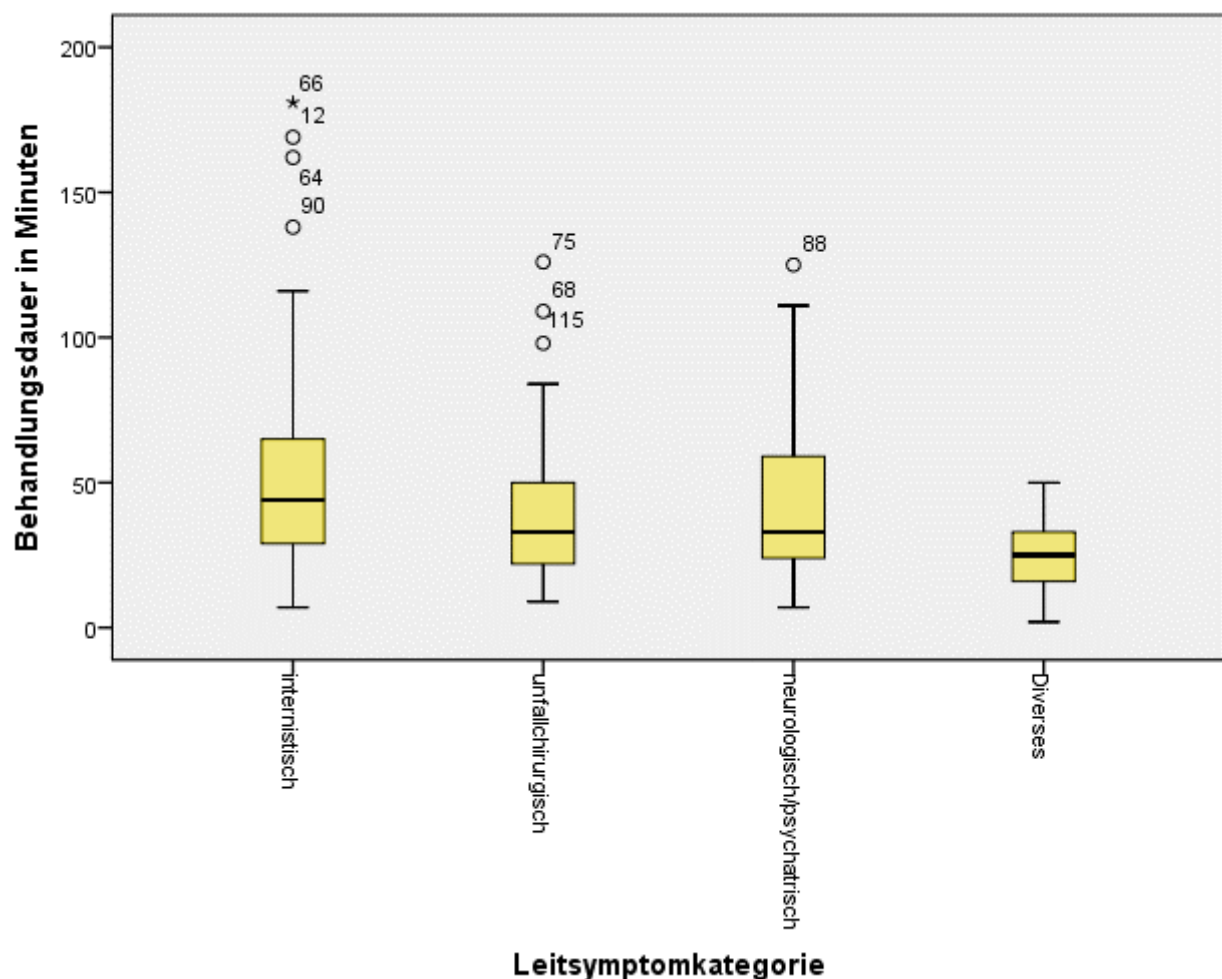


Abbildung 21; Behandlungsdauer nach Leitsymptomkategorie

Die Verteilung zwischen den drei Gruppen war signifikant unterschiedlich. ( $p=0,001$ ). Post-hoc durchgeführte Tests zum paarweisen Vergleich ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den Patienten der Gruppe Diverses und internistischen Patienten ( $p=0,001$ ). Zwischen den anderen Kategorien ließ sich kein signifikanter Effekt nachweisen ( $p>0,062$ ).

### 6.3 Das Regressionsmodell

Das Regressionsmodell wurde im ersten Schritt mit allen vorher als signifikant geltenden Faktoren durchgeführt. Dazu zählten: Die Arztkategorie des behandelnden Arztes, das Triage Niveau des Patienten, das Alter des Patienten, die Ankunftsart des Patienten, ob der Patient ein Konsil erhielt, die Uhrzeit, zu der die Behandlung begonnen wurde, der Wochentag der Behandlung und die Art des Leitsymptoms des Patienten. Aufgrund der nicht gegebenen Varianzgleichheit in einer einfachen multiplen linearen Regressionsanalyse wurde ein Modell mit robusten Schätzern gewählt.

Das erste Regressionsmodell ermittelte dabei ein signifikantes Modell ( $p<0,001$ ), in dem jedoch drei Faktoren nicht signifikant waren: Das Patientenalter ( $p=0,092$ ), ob der Patient ein Konsil erhielt ( $p=0,370$ ) und der Behandlungsbeginn ( $p=0,106$ ). Alle anderen Faktoren waren signifikant.

Im zweiten Schritt wurde ein zweites Regressionsmodell mit den verbliebenen Faktoren durchgeführt. Auch dieses Modell war signifikant ( $p<0,001$ ). Dabei zeigten sich alle verbliebenen Faktoren als signifikant: Arztkategorie ( $p<0,001$ ), Triage Niveau ( $p<0,001$ ), Ankunftsart ( $p<0,001$ ), Wochentag ( $p=0,009$ ) und die Art des Leitsymptoms ( $p=0,002$ ).

Durch das Entfernen des Wochentags aus dem Modell konnte das BIC von 1792,113 auf 1783,249 abgesenkt werden und somit eine bessere Anpassungsgüte erreicht werden. Sowohl das Modell als auch die einzelnen Faktoren blieben dabei signifikant (jeweils  $p<0,001$ ).

Die beste Annäherung an die mittlere Behandlungszeit bot die folgende Formel, in die je nach Situation die in Tabelle 12 dargestellten Werte eingesetzt werden müssen.

$$\text{Mittlere Behandlungszeit in Minuten} = 25,4 + 12,7 \cdot X_1 - 27,2 \cdot X_2 + 25,0 \cdot X_3 + 15,6 \cdot X_4 + 5,5 \cdot X_5 + 19,9 \cdot X_6 + 12,7 \cdot X_7 + 9,3 \cdot X_8$$

Tabelle 12; einzusetzende Parameter zur Abschätzung der Behandlungszeit

Parameter	Ausprägung	einzusetzende Werte
behandelnder Arzt	Assistenzarzt	X1=1
	Facharzt	X1=0
Ankunftsart	gehend	X2=1
	liegend	X2=0
Triage Niveau	1+2	X3=1, X4=0, X5=0
	3	X3=0, X4=1, X5=0
	4	X3=0, X4=0, X5=1
	5	X3=0, X4=0, X5=0
Leitsymptomkategorie	internistisch	X6=1, X7=0, X8=0
	unfallchirurgisch	X6=0, X7=1, X8=0
	neurologisch/psychiatrisch	X6=0, X7=0, X8=1
	Diverses	X6=0, X7=0, X8=0

Die Modellgüte wurde in korrigiertem  $R^2$  angegeben. Sie betrug hier  $R^2 = 0,465$ . Dies bedeutet, dass 46,5% der Streuung der Behandlungsdauer durch obiges Modell erklärt werden konnten.

## 7. Diskussion

### 7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie im Abschnitt Ergebnisse gezeigt wurde, betrug die mediane Behandlungszeit in dem untersuchten Patientengut je Patient 36 Minuten, die mittlere Behandlungszeit betrug 46,6 Minuten. In einer multivariaten Analyse hatten dabei folgende Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Behandlungsdauer: Arztkategorie des behandelnden Arztes, Triage Niveau des Patienten bei Ankunft in der ZNA, Ankunftsart des Patienten, der Wochentag der Behandlung und die Leitsymptomkategorie. Zur Verbesserung der Anpassungsgüte des Modells wurde noch der Wochentag aus dem Modell entfernt.

### 7.2 Methoden

Im Folgenden wurde untersucht, ob die vorgestellte Patientengruppe repräsentativ war. Dazu wurden die Faktoren überprüft, die univariat einen Einfluss auf die Behandlungszeit hatten und deren Anzahl aktiv vom Untersuchenden beeinflusst werden konnten. Dazu zählten die Ankunftsart, der Behandlungsbeginn und der Wochentag. Verglichen wurde dabei die Studienpopulation mit den Kennzahlen der ZNA des Universitätsklinikums Jena und mit Angaben aus der Literatur.

Der Anteil der liegend bzw. gehend ankommenden Patienten wird in Jena nicht erfasst, sodass hier lediglich ein Vergleich mit der Literatur möglich war. Gries et al. gingen davon aus, dass etwa 80% der Patienten auf eigene Initiative gehend in die ZNA kamen und dass etwa 20% durch den Rettungs- bzw. Notarztdienst gebracht wurden. Von diesen 80% waren aber bis zu 20% so vital bedroht, dass eine Behandlung in dem Liegerbereich notwendig war (Gries et al. 2011). Dadurch erhöhte sich der Anteil der liegenden Patienten auf etwa 36%. In der Studienpopulation wurden 123 der 202 Patienten im Bereich für Gehende und 79 Patienten im Bereich für Liegende behandelt. Dies entsprach 39% liegenden Patienten. Ein Binomial-Test zum Vergleich dieser 39% mit den von Gries et al. genannten 36% kam zu dem Ergebnis, dass diese Abweichung nicht signifikant ist ( $p=0,198$ ).



Zum Patientenaufkommen nach Wochentag gibt es widersprüchliche Aussagen. So gingen Gries et al. davon aus, dass das Patientenaufkommen vor allem montags, dienstags und freitags besonders hoch ist (Gries et al. 2011). Dahingegen zeigt eine Auswertung des Universitätsklinikums Jena, wie in Abbildung 22 zu sehen ist, dass das Patientenaufkommen montags und samstags am höchsten und dienstags am niedrigsten ist.

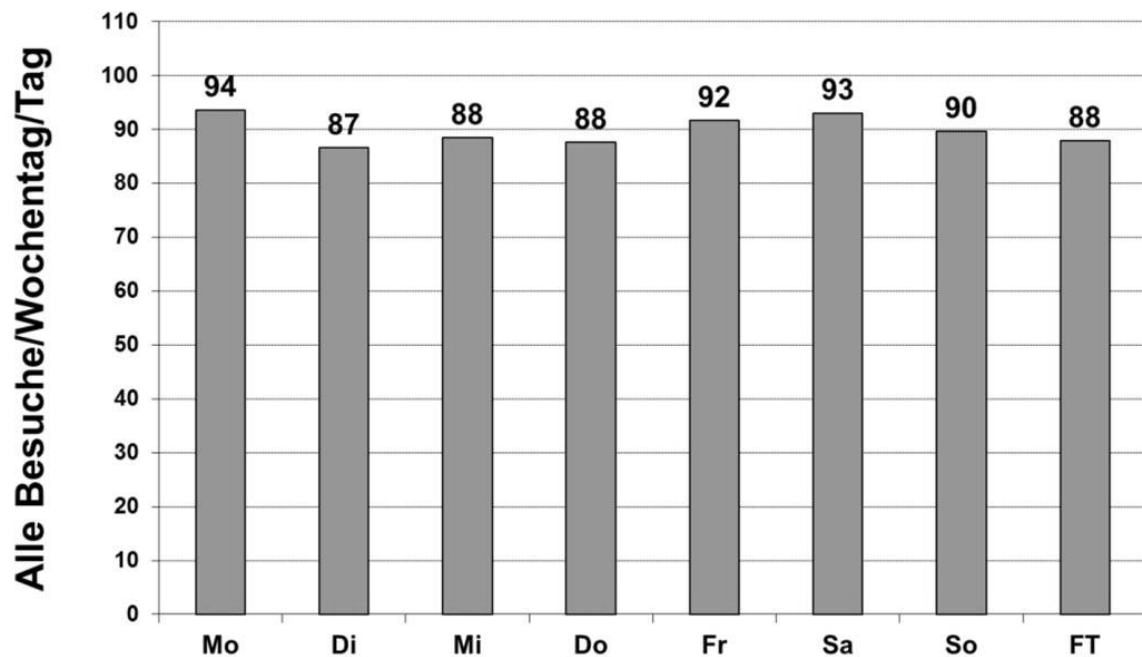


Abbildung 22; absolutes Patientenaufkommen nach Wochentag in der ZNA Jena

Für die Repräsentativitätsanalyse wurde daher vereinfacht angenommen, dass das Patientenaufkommen an jedem Wochentag gleich hoch ist. Ein Chi-Quadrat-Test zeigte, dass die Unterschiede zwischen Studienpopulation und der angenommenen Verteilung nicht signifikant waren ( $p=0,057$ ).

Tabelle 13 zeigt die Ankunftsrate der Patienten in der ZNA des Universitätsklinikum Jena. Diese spiegelte zwar nicht exakt die Zeit des Behandlungsbeginns wieder, war jedoch eine gute Näherung.

Tabelle 13; prozentuales Patientenaufkommen nach Uhrzeit in der ZNA Jena

<b>Uhrzeit</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Uhrzeit</b>	<b>Anzahl</b>
0:00-0:59	1,73%	12-12:59	6,62%
1-1:59	1,44%	13-13:59	6,37%
2-2:59	1,10%	14-14:59	5,70%
3-3:59	1,19%	15-15:59	6,02%
4-4:59	1,12%	16-16:59	6,46%
5-5:59	1,02%	17-17:59	6,74%
6-6:59	1,37%	18-18:59	5,88%
7-7:59	2,48%	19-19:59	5,63%
8-8:59	4,17%	20-20:59	4,95%
9-9:59	6,09%	21-21:59	3,77%
10-10:59	7,36%	22-22:59	3,13%
11-11:59	7,30%	23-23:59	2,35%

Daraus folgte, dass zwischen 0:00 und 7:59 Uhr etwa 11,45% der Patienten die ZNA aufsuchen und die restlichen 88,55% zwischen 8:00 und 23:59 Uhr kommen. In der Literatur finden sich bei Gries et al. und Dormann et al. Angaben, die diese Schwankungen im Tagesverlauf bestätigen (Dormann et al. 2010, Gries et al. 2011). In der Studienpopulation lag der Behandlungsbeginn von 186 der 202 Patienten zwischen 8:00 und 23:59 Uhr und der der restlichen 16 Patienten, etwa 8%, zwischen 0:00 und 7:59 Uhr. Ein Binomial-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,06$ ) zwischen der Studienpopulation und den Angaben der ZNA Jena, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der Behandlungsbeginn unserer Studienpopulation der der wahren Patientenpopulation entspricht.

Die Studienpopulation wurde also in jeder der beeinflussbaren Kategorien soweit möglich repräsentativ ausgewählt. Bei dem Ärztekollektiv wurde sichergestellt, dass eine ausreichende Anzahl verschiedener Ärzte beobachtet wurde. Die gesamte Datenerfassung wurde von einer Person durchgeführt, so dass das Auftreten eines interindividuellen Dokumentationsfehlers ausgeschlossen werden konnte.

Zur Arztkategorie ist zu sagen, dass der Anteil der Fachärzte von Notaufnahme zu Notaufnahme unterschiedlich ist. Somit kann hier schwerlich ein Vergleich gezogen werden. In unserer Untersuchung wurden 49 der 191 Patienten durch Fachärzte behandelt. Dies entspricht 25,7%.

## 7.3 Resultate

### 7.3.1 Die Behandlungszeit

Unsere Analyse kam zu dem Ergebnis, dass ein Patient in der ZNA in unserem Patientenkollektiv im Mittel 46,6 Minuten und im Median 36 Minuten an Arztzeit benötigte. Die Daten waren zwar nicht normalverteilt, in der Literatur wird jedoch zumeist nur der Mittelwert angegeben, so dass die Basis für einen Vergleich des Medians fehlte. Geht man nun von einem Mittelwert von 46,6 Minuten aus und errechnet daraus die möglichen pro Stunde behandelten Patienten, so bekommt man einen Wert von 1,29 Patienten pro Stunde. Dieser Wert liegt sowohl unterhalb der 1,6 Patienten pro Stunde, der in französischen Notaufnahmen zur Berechnung genutzt wird als auch unterhalb der 1,5-1,8 Patienten pro Stunde aus der DGINA Mitgliederbefragung von 2008 (Hogan 2011). Selbst wenn man den untersten Wert des 95% Konfidenzintervalls, 41,8 Minuten pro Patient, zur Berechnung ansetzt, erreicht man nur 1,44 Patienten pro Stunde. In der kanadischen Studie von Innes et al. lag die ärztliche Behandlungszeit mit 19,2 Minuten pro Patient ebenfalls deutlich unter der von uns ermittelten Dauer (Innes et al. 2005). Auch in den USA scheint die Behandlungszeit niedriger zu liegen, sie wurde mit etwa 22 Minuten pro Patient angegeben (Graff et al. 1993). Allerdings scheint es auch innerhalb Deutschlands deutliche Differenzen in der Kalkulation zu geben. So berechneten Gries et al. anhand von Benchmarks, dass in der ZNA Fulda ein Patient im Durchschnitt 30,03 Minuten Arztzeit band (Gries et al. 2011), wohingegen Befragungen der DGINA von 1,5 bis 1,8 behandelten Patienten pro Arzt pro Stunde ausgeht. Unsere Studie ist die erste in Deutschland, die die Behandlungszeit tatsächlich erfasste und nicht anhand von Benchmarks oder Befragungen berechnete.

Die Behandlungszeit pro Patient hat wie bereits erwähnt einen großen Einfluss auf die Personalbedarfsplanung. Der Personalbedarf pro Zeiteinheit für eine Notaufnahme kann mit der Erlang C Formel berechnet werden. Erstrebenswert ist hier ein Servicelevel von 90%. Dies bedeutet, dass 90% der Patienten der Notaufnahme eine Wartezeit von unter 60 Minuten haben. Tabelle 14 zeigt eine Reihe an möglichen Szenarien. Dabei wurde jeweils eine Ankunftsrate von vier Patienten pro Stunde angenommen.

Tabelle 14; Wartezeit und Servicelevel nach Behandlungszeit und anwesenden Ärzten

<b>mittlere Behandlungszeit in Minuten</b>	<b>benötigte Ärzte für ein 90%- Servicelevel</b>	<b>Anzahl behandelnder Ärzte</b>	<b>mittlere Wartezeit in Minuten</b>
20	2	2	16
30	3	2	unendlich
		3	13,33
40	4	3	95,7
		4	11,35
46,6	5	4	30

Wie man sieht, hat die mittlere Behandlungszeit einen enormen Einfluss auf die Wartezeit der Patienten und die Anzahl der benötigten Ärzte für ein 90%-Servicelevel. Strebt man eine Wartezeit von unter einer Stunde an, muss man für einen Zuwachs von zehn Minuten an Behandlungszeit jeweils einen Arzt mehr bereitstellen und dies zu jeder Tages-, und Wochenzeit, vorausgesetzt die Ankunftsrate wäre stabil. Ob man nun die etwa 30 Minuten aus der Analyse von Gries et al. oder die 46,6 Minuten unserer Untersuchung zugrunde legt, hat also einen enormen Einfluss auf die Personalplanung.

### 7.3.2 Der Einfluss der einzelnen Faktoren

Im Folgenden wurde der Einfluss der jeweiligen Faktoren kurz mit bestehender Literatur verglichen und diskutiert, um eine bessere Anpassung der Arztzeit pro Patient für einzelne Notaufnahmen zu ermöglichen.

Als Referenzwerk wurde dabei hauptsächlich die multivariate Regression der Veröffentlichung „Prospective time study derivation of emergency physician workload predictors“ herangezogen. In dieser Studie haben die Autoren Innes et al. folgende Formel für die total physician time per patient visit (TPPV) ermittelt:

$TPPV = 29.7 + 8.6 \text{ (procedure required [Yes])} - 3.8 \text{ (triage level from Canadian Triage and Acuity System (CTAS) [1-5])} + 7.1 \text{ (ambulance arrival)} - 1.1 \text{ (Glasgow Coma Score (GCS) [3-15])} + 0.1 \text{ (age in years)} - 0.05 \text{ (n of previous visits)} + 3.1 \text{ (any comorbidity)}$

Mit dieser Formel waren die Kanadier in der Lage 31,3 % der Varianz der TPPV zu erklären (Innes et al. 2005).

#### 7.3.2.1 Die Arztkategorie des behandelnden Arztes

Wie in den Ergebnissen dargestellt, war ein Trend dahingehend erkennbar, dass fest angestellte Assistenzärzte eine geringere Behandlungszeit benötigten als ihre Kollegen, die in die Notaufnahme hineinrotieren. Dieser war jedoch nicht signifikant. Es erscheint allerdings trotzdem schlüssig, dass die fest angestellten Ärzte eine kürzere Zeit benötigten. Sie waren meistens bereits deutlich länger in der Notaufnahme tätig als die rotierenden Ärzte, welche nur sechs Monate dort verbringen. Es erscheint logisch, dass mit zunehmender Erfahrung und Einarbeitung die Behandlungszeit effizienter gestaltet werden kann. Der erkennbare Trend, dass Patienten eines Oberarztes eine höhere Behandlungszeit aufwiesen als die eines Assistenzarztes ist vermutlich eine Folge der kleinen Patientenzahl, deren Hauptbehandler ein Oberarzt war. Da jedoch, wie bereits in der Einleitung geschildert, die Oberärzte nur in Ausnahmefällen einen Patienten direkt behandelten, war es nicht möglich, eine größere Stichprobe zu untersuchen.

Schaut man sich das Verhältnis der benötigten Zeit zwischen Assistenzärzten und Fachärzten/Oberärzten an, so stellt man fest, dass Fachärzte/Oberärzte in der gleichen Zeit 1,35-fach so viele Patienten behandeln konnten wie Assistenzärzte. Der Grund hierfür dürfte in der größeren Erfahrung und der größeren Routine dieser Arztgruppe liegen. So beschreiben zum Beispiel Perry et al., dass Assistenzärzte in ihrer Studie etwa 48,5% ihrer Zeit zum Einschätzen der Patienten und der Planung der Diagnostik und Therapie aufwandten. Dem gegenüber standen lediglich 27,6% der Zeit bei Fachärzten (Perry et al. 2013). Auch die Zeit, die Assistenzärzte zur Dokumentation benötigen, ist signifikant höher als die ihrer Kollegen mit abgeschlossener Facharztausbildung (Hollingsworth et al. 1998). Der Quotient von 1,35 ist den Werten der französischen Personalbedarfsrechnung und der Mitgliederbefragung der DGINA sehr ähnlich. Beide rechnen mit einem Quotienten von 1,33 (Hogan 2011).

Kritisch anmerken muss man an dieser Stelle, dass in unserer Erhebung nicht zwischen den verschiedenen Erfahrungsniveaus in Jahren differenziert wurde, sondern nur eine Einteilung in Assistenzärzte und Fachärzte durchgeführt wurde. Auch innerhalb dieser Gruppen dürfte die Behandlungszeit mit zunehmender Erfahrung abnehmen.

#### 7.3.2.2 Das Triage Niveau des Patienten

Wie unsere Analyse zeigte, gab es einen klaren Trend, dass die Behandlungszeit von Patienten mit ihrem Triage Niveau abnahm. Lediglich für das Triage Niveau 1 ließ sich keine Aussage treffen, da hier nur zwei Patienten untersucht werden konnten.

In der Literatur gab es keine Vergleichswerte zu Behandlungszeiten von Patienten, die nach dem ESI-System triagiert wurden, so dass ein direkter Vergleich nicht möglich war. Tabelle 15 zeigt einen Vergleich der Mittelwerte der Behandlungsdauer mit Studien, bei denen das Canadian Triage and Acuity System (CTAS), ein ebenfalls fünfstufiges Triage System, verwendet wurde. Es zeigte sich eine ähnliche Abnahme der Behandlungszeit mit abnehmender Dringlichkeit (Innes et al. 2005, Anderson et al. 2009). Die Behandlungsdauern in unserer Studienpopulation waren durchweg länger als in den beiden Vergleichsstudien. Allerdings unterscheiden sich die Zeiten der beiden Studien ebenfalls stark. Ein direkter Vergleich der absoluten Zeiten je Niveau ist zudem kritisch zu hinterfragen, da sich die Einstufungskriterien für die Niveaus unterscheiden.

Tabelle 15; Behandlungsdauermittelwerte nach Triage Niveau im Literaturvergleich

<b>Triage Niveau</b>	<b>Studienpopulation</b>	<b>Anderson et al.</b>	<b>Innes et al.</b>
1		73,6	40,2
2	Niveau 1+2: 72,9	38,9	25,3
3	47,2	26,3	21,8
4	26,6	15,0	15,6
5	18,0	10,9	15,2

### 7.3.2.3 Das Alter des Patienten

Das Alter des Patienten stellte für sich eine signifikante Einflussgröße für die Behandlungszeit dar. Wurde nur das Alter berücksichtigt, stieg die Behandlungszeit mit jedem Lebensjahr um 0,44 Minuten. In unserem multivariaten Modell war das Alter allerdings kein signifikanter Einflussfaktor mehr für die benötigte Behandlungszeit. Ursächlich hierfür ist vermutlich eine Koinzidenz mit anderen Einflussfaktoren, die einen größeren Einfluss auf die Behandlungszeit haben. In der Studie von Innes et al. wurde das Alter als signifikante Größe für die Behandlungszeit in dem multivariaten Modell angenommen. Die verlängerte Behandlungsdauer lag bei 0,1 Minuten pro Lebensjahr. Da die Forscher jedoch leicht veränderte Faktoren für ihr Modell nutzten, ist es durchaus möglich, dass die Koinzidenzen hier nicht so stark ausgeprägt waren und das Patientenalter daher dort einen relevanten Einfluss hatte (Innes et al. 2005). Das Patientenalter hat somit vermutlich einen geringen Einfluss auf die Behandlungsdauer. Dieser Einfluss lässt sich jedoch auch durch Koinzidenzen mit anderen Faktoren erklären und ist allein vermutlich deutlich schwächer als die zuerst genannten 0,44 Minuten pro Lebensjahr.

### 7.3.2.4 Die Ankunftsart

Wie in den Ergebnissen zu sehen, hatte die Ankunftsart einen starken Einfluss auf die mediane Behandlungsdauer. Diese erhöhte sich um mehr als 100%, wenn der Patient im Liegerbereich behandelt werden musste. In der multivariaten Regressionsanalyse machte dies einen Unterschied von 27 Minuten aus und hatte damit den größten Einfluss aller Faktoren. Dieser fiel damit deutlich größer aus als bei Innes et al. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass in der Studie der Kanadier der GCS mit impliziert war. Dieser dürfte im Mittel bei liegend eintreffenden Patienten deutlich niedriger sein und auch der Anteil der Patienten mit Komorbiditäten sowie der Anteil der Patienten, bei denen ein therapeutisches Prozedere nötig ist, dürfte in dieser Gruppe höher sein (Innes et al. 2005).

### 7.3.2.5 Konsultation einer nicht in der Notaufnahme vertretenen Fachrichtung

Etwa einer von vier Patienten der Notaufnahme benötigte ein Konsil eines Arztes, der einer Fachrichtung angehört, die nicht in der Notaufnahme vertreten war.

Diese Patienten wurden von dem behandelnden Arzt der Notaufnahme im Median 22,5 Minuten länger behandelt als solche ohne Konsil. Der Konsilarzt sparte dem Arzt der ZNA also keine Zeit. Daher liegt der Schluss nahe, dass ein Konsilarzt nur bei komplizierteren Patienten benötigt würde. In der multivariaten Analyse war dieser Einfluss jedoch nicht mehr signifikant. Dies weist ebenfalls darauf hin, dass das Konsil eine Koinzidenz mit anderen Einflussfaktoren hatte.

#### 7.3.2.6 Der Behandlungsbeginn

Aufgrund des Designs der Studie war es nicht möglich, die Ankunft der Patienten in der ZNA zu dokumentieren. Stattdessen wurde der Zeitpunkt festgehalten, bei dem sich ein Arzt zum ersten Mal mit dem Patienten beschäftigte. Diese beiden Zeitpunkte stimmten vermutlich besonders bei den laufenden Patienten auf Grund der Wartezeit nicht genau überein, korrelierten jedoch in hohem Maße. Patienten, deren Behandlungsbeginn zwischen 0:00 und 7:59 Uhr lag, wurden univariat signifikant länger behandelt. Ein Grund hierfür dürfte sein, dass nur wirkliche Notfallpatienten zu einer solchen Uhrzeit die ZNA besuchten. Daher war der Anteil der gehend kommenden Patienten zu dieser Zeit sehr gering. Zudem dürften sich die Ärzte mehr Zeit gelassen haben. Die ZNA war zu dieser Zeit eventuell nicht ausgelastet, die Patientenversorgung musste allerdings dennoch gewährleistet sein. Daher ist es denkbar, dass die Ärzte sich zu dieser Uhrzeit die Patienten sehr genau anschauten, da sie weniger Patienten parallel behandeln mussten (Hogan 2011). In dem ermittelten Regressionsmodell war der Behandlungsbeginn kein signifikanter Parameter mehr. Der Gedanke liegt daher nahe, dass andere Einflussfaktoren eine Koinzidenz mit dem Behandlungsbeginn aufweisen. Es muss jedoch auch angemerkt werden, dass die Anzahl der Patienten, deren Behandlungsbeginn in der Nacht lag, mit 16 Patienten relativ gering war.

#### 7.3.2.7 Das Geschlecht

In unserer Stichprobe waren 56% der Patienten männlich. Dies deckt sich mit der Erhebung von Innes et al. Auch hier war der Teil der männlichen Patienten leicht höher (62%). Sowohl in unserer als auch in der kanadischen Studie war kein Effekt des Geschlechts auf die Behandlungsdauer nachweisbar (Innes et al. 2005).



#### 7.3.2.8 Der Wochentag

In unserer Erhebung zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Behandlungsdauer je nach Wochentag. Dabei beanspruchten Patienten freitags am meisten Behandlungszeit, dienstags und donnerstags am wenigsten. Dies waren auch die einzigen beiden Kombinationen, bei denen der Unterschied signifikant war. Es gibt zwar Hinweise darauf, dass sich das Patientenaufkommen an den jeweiligen Wochentagen unterscheidet (Gries et al. 2011), jedoch wurde hier beschrieben, dass das Aufkommen besonders montags, dienstags und freitags hoch war. Vor allem auch vor dem Hintergrund der geringen Stichprobengröße mit minimal 16 Patienten an einem Wochentag ist das Ergebnis kritisch zu hinterfragen. Dazu passt auch, dass sich die Behandlungszeit nach Wochentag deutlich veränderte, wenn man in einem Regressionsmodell die anderen Faktoren mit einberechnete. In diesem benötigten Patienten sonntags die geringste Behandlungszeit und samstags bzw. mittwochs die meiste. Der Effekt war jedoch so gering, dass die Modellgüte sogar stieg, wenn der Wochentag nicht berücksichtigt wurde.

#### 7.3.2.9 Die Leitsymptomkategorie

Unsere Untersuchung zeigte einen Trend dazu, dass internistische Patienten länger in der Notaufnahme benötigten als unfallchirurgische und neurologisch/psychiatrische Patienten. Diese benötigten wiederum länger als solche, deren Leitsymptom keiner der anderen drei Kategorien zugeordnet werden konnte. Dies stützt die Untersuchung von Graff et al., die verschiedene Behandlungszeiten für verschiedene Patientengruppen beschrieb und dazu riet, den individuellen Fall-Mix einer Notaufnahme in die Arbeitszeitplanung mit einzubeziehen (Graff et al. 1993).

### 7.3.3 Das Regressionsmodell

Bei unserer Untersuchung zeigte sich, dass die Faktoren Arztkategorie, Ankunftsart, Triage Niveau und Leitsymptomkategorie zur besten Anpassungsgüte des Modells an die Realität führten. Den größten Einfluss hatte dabei die Ankunftsart. So benötigen liegend ankommende Patienten im Modell 27,2 Minuten länger als solche, die gehend ankamen.

Vergleicht man unser Modell mit dem von Innes et al., fällt auf, dass die relevanten Faktoren sich unterscheiden. Gemeinsam ist das Triage Niveau, wenn auch mit einem anderen Triagesystem zur Bewertung und die Ankunft mit dem Krankenwagen, die mit liegend ankommenden Patienten gleichgesetzt werden kann. Das Leitsymptom und die Arztkategorie fanden in der Formel der Kanadier allerdings keine Beachtung. Ebenso wenig wie sich in unserer Formel der GCS, ein eventuell benötigtes Prozedere, das Patientenalter, die Anzahl der vorherigen ZNA-Besuche und die Komorbiditäten der Patienten fanden. Die Faktoren, die in der jeweils anderen Formel fehlten, wurden allerdings auch von der entsprechenden Untersuchungsgruppe nicht erfasst. Vergleicht man die Varianz der Behandlungszeit, die sich durch die jeweiligen Formeln erklären lassen, fällt auf, dass unsere Untersuchung mit 46,5% eine deutlich höhere Aussagekraft hatte als die Formel der Kanadier mit 31,3%. Allerdings muss hierbei bedacht werden, dass deren Modell im Gegensatz zu unserem bereits validiert war. Eventuell würde auch eine Kombination der beiden Modelle zu einer noch höheren Prozentzahl führen.

Wäre die Verteilung der signifikanten Faktoren für die jeweilige Notaufnahme bekannt, könnte man nun die tatsächliche mittlere Behandlungszeit eines Patienten abschätzen und die jeweilige Personalplanung daran anpassen. Dies würde die Wartezeit der Patienten und damit das Servicelevel verbessern und außerdem das Risiko für eine Überfüllung der Notaufnahme senken. Hierdurch könnten, wie bereits beschrieben, Behandlungsfehler vermindert und eventuell auch die Mortalitätsrate der Patienten gesenkt werden.

## 7.4 Limitationen

### 7.4.1 Generelle Limitationen

Zuerst muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Studie nicht verblindet war. Sowohl die Patienten als auch die Ärzte waren sich darüber bewusst, dass die Behandlung dokumentiert wurde. Der dadurch erzielte Effekt dürfte auf Patientenseite relativ gering ausfallen. Ein signifikanter Effekt bei den Ärzten kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Es ist durchaus möglich und plausibel, dass die Ärzte dadurch versucht haben, die Behandlungszeit geringer zu halten als sie ansonsten ausgefallen wäre, da sie die Dokumentation als Motivation nahmen. Möglich wäre jedoch auch, dass die Ärzte die Behandlungszeit absichtlich verlängerten, um einen Personalmangel zu suggerieren.

Eine weitere Limitation ist die Monozentrität der Studie. Sie wurde allein in der ZNA des Universitätsklinikums Jena durchgeführt und müsste multizentrisch bestätigt werden. Nicht jede zentrale Notaufnahme wird an eine Universitätsklinik angebunden sein und auch die Krankenhausstruktur der örtlichen Umgebung spielt eine Rolle für die Personalplanung. Ohne diese weitere Forschung kann nicht ausgeschlossen werden, dass die lokalen Gegebenheiten einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis der Studie hatten, es ist im Gegenteil sogar sehr wahrscheinlich, dass dies der Fall war.

### 7.4.2 Limitationen der multivariaten Regression

Mit der vorliegenden Patientenzahl war zwar eine adäquate Modellierung einer multivariaten Analyse möglich, allerdings reichte diese Patientenzahl nicht aus, um das erstellte Modell zu validieren. Innes et al. benutzten hierzu die Zeiten von weiteren 271 Patienten (Innes et al. 2005). Hierzu wäre eine weitere Untersuchung, am besten multizentrisch, vonnöten.

Zudem fiel auf, dass es in dem Modell möglich ist, bei einer bestimmten Konstellation eine negative Behandlungszeit vorauszusagen. Dies ist in der Realität natürlich nicht erreichbar. Dies ist zwar eine Schwäche des Modells, allerdings erhebt unser Modell auch nicht den Anspruch, die Behandlungszeit exakt voraussagen zu können und auch die Formel von Innes et al. kann theoretisch eine negative Behandlungszeit liefern (Innes et al. 2005).

### 7.4.3 Limitationen im Literaturvergleich

Auch der Vergleich unserer Ergebnisse mit denen der Literatur war nicht frei von Limitationen. So wurde ein Großteil unserer Patienten von einem Assistenzarzt behandelt. Diese arbeiteten zum Teil erst wenige Wochen in der ZNA. Dies unterscheidet unsere Analyse von jenen, mit denen die Ergebnisse verglichen wurden. So hatten die Ärzte in der Studie von Innes et al. mindestens drei Jahre Erfahrung. Das Maximum lag bei 30 Jahren (Innes et al. 2005). Auch bei Graff et al. hatten die Ärzte mindestens ein, maximal 13 Jahre Erfahrung (Graff et al. 1993). In der Studie von Anderson et al. wurden nur Fachärzte untersucht (Anderson et al. 2009). Und auch in der Untersuchung von Perry et al. wurden keine Assistenzärzte untersucht, die nur für einen begrenzten Zeitraum in die Notaufnahme rotierten (Perry et al. 2013). Von den 191 Patienten, deren Daten zur Auswertung herangezogen wurden, war bei 142 ein Assistenzarzt der behandelnde Arzt. Dies sollte beim Vergleich mit den internationalen Studien berücksichtigt werden, da die Erfahrung einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer der Behandlungszeit haben dürfte.

Auch hinsichtlich der Ausbildung der Fachärzte gibt es große Unterschiede, so ist in vielen Staaten ein Facharzt für Notfallmedizin etabliert. In Deutschland gibt es eine solche Bezeichnung jedoch bisher nicht. Dies führt dazu, dass die Notaufnahme von Assistenzärzten und Fachärzten unterschiedlicher Fachrichtungen besetzt werden. Da in einer ZNA jedoch alle Ärzte alle Patientengruppen behandeln, kann es sein, dass z.B. ein Assistenzarzt in einer chirurgischen Weiterbildung einen internistischen Patienten betreut. Inwieweit sich dies auf die Behandlungszeit auswirkt, ist schwierig zu beurteilen, der Fakt sollte jedoch mit bedacht werden (Gries et al. 2011). Die Einführung eines Facharztes für Notfallmedizin, wie ihn die DGINA fordert, dürfte die internationale Vergleichbarkeit verbessern.

## 8. Schlussfolgerungen

Diese Arbeit konnte eine mittlere Behandlungszeit von 46,6 Minuten und eine mediane Behandlungszeit von 36 Minuten pro Patient ermitteln. Vor allem die mittlere Behandlungszeit lag dabei deutlich über den Ergebnissen anderer ausländischer Analysen und auch über den empfohlenen Werten für die Personalplanung der DGINA. In einem Regressionsmodell konnte festgestellt werden, dass die Ankunftsart des Patienten, die Arztkategorie des behandelnden Arztes, das Triage Niveau des Patienten bei Ankunft, der Wochentag der Behandlung und die Leitsymptomkategorie einen Einfluss auf die Behandlungsdauer haben. Den größten Einfluss auf die Behandlungszeit hatte dabei die Ankunftsart des Patienten. Patienten, die liegend ankamen, benötigten im Modell eine um 27,2 Minuten verlängerte Behandlungszeit gegenüber denen, die selbst gehend in der ZNA erschienen. Außerdem fiel auf, dass Fachärzte im Modell 12,7 Minuten weniger für die Behandlung benötigten als Assistenzärzte.

Faktoren, die zwar für sich einen Einfluss auf die Behandlungszeit hatten, in einem multifaktoriellen Modell jedoch nicht mehr signifikant waren, sind das Alter des Patienten, ob der Patient ein Konsil benötigte und der Behandlungsbeginn. Für sich allein keinen Einfluss hatte das Patientengeschlecht.

Aus dem Regressionsmodell ließ sich zudem eine Formel entwickeln, mit der die Behandlungszeit des Patienten abgeschätzt werden konnte. Diese enthielt die Faktoren Arztkategorie, Triage Niveau, Ankunftsart und Leitsymptomkategorie, die direkt bei Ankunft der Patienten ohne großen Zeitaufwand erhoben werden können. Mit dieser Formel konnten 46,5% der Streuung der Behandlungszeit erklärt werden.

Diese Arbeit regt zudem zu weiteren Untersuchungen an. So sollten unseres Erachtens nach

- die Studienergebnisse multizentrisch bestätigt werden.
- die Formel zur Abschätzung der Behandlungszeit validiert werden.
- nach weiteren Faktoren gesucht werden, um die Anpassungsgüte der Formel zu steigern. Besonders aussichtsreich erscheinen uns hier Fragen nach Komorbiditäten und ob ein Prozedere durchgeführt werden muss.

## 9. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Anderson CK, Zaric GS, Dreyer JF, Carter MW, McLeod SL. 2009. Physician workload and the Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale: the Predictors of Workload in the Emergency Room (POWER) Study. *CJEM*, 11 (4):321-329.
- Behringer W. 2013. Personalplanung mit Kennzahlen. *karriere MEDIZIN*.
- Dormann H, Diesch K, Ganslandt T, Hahn EG. 2010. Numerical parameters and quality indicators in a medical emergency department. *Dtsch Arztebl Int*, 107 (15):261-267.
- Dubinsky I. 2012. Emergency physician workload modeling. *CJEM*, 14 (4):215-220.
- Epstein SK, Huckins DS, Liu SW, Pallin DJ, Sullivan AF, Lipton RI, Camargo CA, Jr. 2012. Emergency department crowding and risk of preventable medical errors. *Intern Emerg Med*, 7 (2):173-180.
- Gilboy N, Tanabe P, Travers D, Rosenau A, Eitel D. 2005. Emergency Severity Index, Version 4: Implementation Handbook. Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality.
- Graff LG, Wolf S, Dinwoodie R, Buono D, Mucci D. 1993. Emergency physician workload: a time study. *Ann Emerg Med*, 22 (7):1156-1163.
- Grafstein E, Bullard MJ, Warren D, Unger B, Group CNW. 2008. Revision of the Canadian Emergency Department Information System (CEDIS) Presenting Complaint List version 1.1. *CJEM*, 10 (2):151-173.
- Gries A, Michel A, Bernhard M, Martin J. 2011. Personalplanung in der zentralen Notaufnahme. *Der Anaesthesist*, 60 (1):71-78.
- Hogan BBM. 2011. Personalbedarfsrechnung Ärzte für das Kompetenzzentrum Zentrale Notaufnahme. *das Krankenhaus*.
- Hollingsworth JC, Chisholm CD, Giles BK, Cordell WH, Nelson DR. 1998. How do physicians and nurses spend their time in the emergency department? *Ann Emerg Med*, 31 (1):87-91.
- Innes GD, Stenstrom R, Grafstein E, Christenson JM. 2005. Prospective time study derivation of emergency physician workload predictors. *CJEM*, 7 (5):299-308.
- Miro O, Antonio MT, Jimenez S, De Dios A, Sanchez M, Borrás A, Milla J. 1999. Decreased health care quality associated with emergency department overcrowding. *Eur J Emerg Med*, 6 (2):105-107.

- Perry WM, Lee CI, Steers WN, Post LA, Forman HP. 2013. Time-motion analysis of emergency radiologists and emergency physicians at an urban academic medical center. *Emerg Radiol*, 20 (5):409-416.
- Richardson DB. 2006. Increase in patient mortality at 10 days associated with emergency department overcrowding. *Med J Aust*, 184 (5):213-216.
- Sprivulis PC, Da Silva JA, Jacobs IG, Frazer AR, Jelinek GA. 2006. The association between hospital overcrowding and mortality among patients admitted via Western Australian emergency departments. *Med J Aust*, 184 (5):208-212.

## 10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1; Altershäufigkeit der Patienten.....	8
Abbildung 2; Bestimmung des Triage Niveaus nach dem ESI.....	11
Abbildung 3; weitere Informationen zur Bestimmung des Triage Niveaus.....	12
Abbildung 4; Ansicht Arzt.....	13
Abbildung 5; neuer Patient 1.....	14
Abbildung 6; neuer Patient 2.....	14
Abbildung 7; Ansicht Patient.....	14
Abbildung 8; Ansicht Laufend.....	15
Abbildung 9; Ansicht Behandlung.....	16
Abbildung 10; Häufigkeiten der Behandlungsdauer bei zehn Minuten Balkenbreite.....	18
Abbildung 11; Behandlungsdauer nach Arztkategorie des behandelnden Arztes .....	20
Abbildung 12; Behandlungsdauer nach Arztkategorie des behandelnden Arztes .....	21
Abbildung 13; Behandlungsdauer nach Triage Niveau .....	23
Abbildung 14; Streuung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit vom Alters des Patienten ..	24
Abbildung 15; Behandlungszeit in Abhängigkeit von der Ankunftsart des Patienten.....	25
Abbildung 16; Behandlungsdauer abhängig davon, ob ein Konsil benötigt wurde.....	27
Abbildung 17; Behandlungsdauer abhängig vom Zeitpunkt des Behandlungsbeginns .....	28
Abbildung 18; Behandlungszeit abhängig vom Behandlungsbeginn .....	29
Abbildung 19; Behandlungsdauer nach Geschlecht des Patienten .....	30
Abbildung 20; Behandlungsdauer nach Wochentag .....	32
Abbildung 21; Behandlungsdauer nach Leitsymptomkategorie .....	33
Abbildung 22; absolutes Patientenaufkommen nach Wochentag in der ZNA Jena .....	37



## 11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1; einzusetzende Parameter zur Abschätzung der Behandlungszeit .....	3
Tabelle 2; Hauptbehandlungsdauer nach Arztkategorie .....	19
Tabelle 3; Behandlungsdauer nach Arztkategorie des behandelnden Arztes .....	21
Tabelle 4; Behandlungsdauer nach Triage Niveau .....	22
Tabelle 5; Behandlungszeit in Abhängigkeit von der Ankunftsart des Patienten.....	25
Tabelle 6; Behandlungsdauer abhängig davon, ob ein Konsil benötigt wurde .....	26
Tabelle 7; Behandlungsdauer abhängig vom Zeitpunkt des Behandlungsbeginns .....	28
Tabelle 8; Behandlungszeit abhängig vom Behandlungsbeginn.....	29
Tabelle 9; Behandlungsdauer nach Geschlecht des Patienten.....	30
Tabelle 10; Behandlungsdauer nach Wochentag .....	31
Tabelle 11; Behandlungsdauer nach Leitsymptomkategorie .....	33
Tabelle 12; einzusetzende Parameter zur Abschätzung der Behandlungszeit .....	35
Tabelle 13; prozentuales Patientenaufkommen nach Uhrzeit in der ZNA Jena.....	38
Tabelle 14; Wartezeit und Servicelevel nach Behandlungszeit und anwesenden Ärzten .....	40
Tabelle 15; Behandlungsdauermittelwerte nach Triage Niveau im Literaturvergleich .....	42

## 12. Anhang

### 12.1 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Univ.-Prof. Wilhelm Behringer, Helge Wrede, Dr.-Ing. Heike Hoyer,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Ort, Datum Unterschrift des Verfassers

## 12.2. Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank Professor Wilhelm Behringer für die Hilfe bei der Themenfindung, der Studienausharbeitung und der schnellen Unterstützung bei Problemen. Ohne Ihre tolle Betreuung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Des Weiteren möchte ich mich bei Helge Wrede für die Entwicklung der Applikation Oteha bedanken. Ohne diese wäre die Datenerfassung und Auswertung wesentlich ungenauer und komplizierter gewesen. Vielen Dank für die Mühe und die Zeit, die dafür nötig war.

Frau Dr. Hoyer gilt mein Dank für Ihre Hilfe bei der statistischen Auswertung der erhobenen Daten.

Für das Korrekturlesen möchte ich mich bei Inge Wrede und Janina Müller bedanken.

Zuletzt möchte ich noch meiner Familie und besonders Katrin Bunz für die Motivation, die Kritik, das Lob und die Unterstützung bedanken.